한국 CAD/CAM 학회 논문집
제 2 권 제 3 호 1997년 9월 pp. 142-149

특징 형상의 간섭 표현에 대한 연구

김경영*, 이수홍**, 고희동***, 김현석****

A Study on the Expression of Features Interaction

Kyoung Young Kim*, Soo Hong Lee**, Heedong Ko*** and Hyun Suk Kim****

ABSTRACT

This study is intended to develop a Feature based modeler. It is difficult to integrate CAD and CAM/CAPP with information that is given only by a conventional CAD system. Therefore a lot of studies have concentrated on a Feature based CAD system. But conventional Feature based modelers have had limitation on providing sufficient information related to Feature interaction. If a Feature based modeler is to be used in assembly simulation, a new Feature-based modeling method needs to be developed. Also to support collision detection between parts, we have to handle Feature interaction systematically. Therefore we suggest Cell data structure which handles interaction of Features by volume. The volume created by Feature interaction is saved as a Cell. With the Cell structure we solve problems involved with Feature interaction. This study shows how the Cell data structure can manage Feature interaction and give enough information in assembly simulation.

Key words : Feature, Interaction, Cell Data

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

설계 분야에서는 설계자가 구성한 임의의 물체에 대한 기하학적인 정보를 데이터 베이스로 구성하여 저장된 데이터를 다시 이용하는 응용 분야가 차츰 늘어가고 있다[1]. 즉, 설계자가 그려 낸 도면은 더 이상 그림의 의미만을 지니는 것이 아니라 다른 공학적인 해석과 합성에 쓰이는 중요한 데이터의 집단이기 때문이다.

최근에는 설계와 생산이라는 서로 다른 두 분야를 통합하기 위해 특징형상 개념이 도입되어 쓰이고 있다[2,3]. 특히 특징 형상 기반 모델러(Feature-based modeler)는 설계와 생산에 대한 정보 모두를 통합적으로 다룰 수 있고 기존의 솔리드 모델링에서 문제가 되어 온 복잡한 형상 모델링 과정을 보다 간단하게 수행할 수 있는 장점이 있다[4-6]. 그러나, 기존의 특징 형상 기반 모델러에서는 슬롯(Slot)이나 홀(Hole)과 같이 기존 형상을 제거하여 만드는 Depression형상만을 주로 지원했는데, 이런 형상만으로 필요로 하는 모델링 기능을 수행하기에 부족한 점이 많다. 일반적인 모델링 작업을 수행하기 위해서는 보스(Boss)와 같이 기존 형상에 새로운 영역을 붙여 나가는 Protrusion형상의 지원이 필수적이기 때문에 Protrusion 형상을 지원하는 모델러의 개발이 필요하다.

이런 두 가지 형상들이 각각 어떤 객체에 간섭 없이 삽입될 경우에는 문제가 따르지 않으나 이들간에 간섭이 일어날 경우에는 기존의 특징 형상 영역의 변화, 특징 형상 자체의 변질 등의 문제 등을 초래할 수 있다[7,8]. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 특징 형상 간의 간섭에 대한 정보를 효과적으로 다루는 작업이 선행되어야 한다. 그러나, 이런 간섭 정보는 매우 복잡하여 기존의 데이터 구조로는 체계적으로 다루기가 어렵다. 따라서, 이런 간섭정보를 저장하여 다룰 수 있는 체계적인 데이터 구조가 필요하다. 이런 데이터 구조의 구현은 특징형상 수준에서의 충돌

*대우자동차 생산기술연구소
**종신회원, 연세대 기계공학과
***종신회원, KIST CAD/CAM 연구실
****정회원, KIST CAD/CAM 연구실

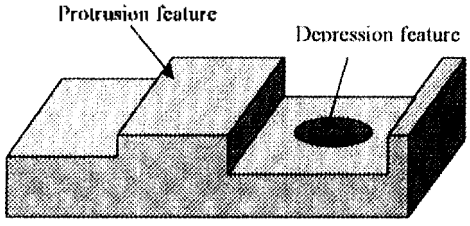


Fig. 1. Protrusion feature and depression feature.

검사를 가능하게 하고 모델간의 충돌검사 시에 충돌이 일어나는 특징형상을 알 수 있게 하여 재설계 시에 도움이 된다. 본 연구에서는 Geometric Kernel인 ACIS[9]를 기반으로 하는 시스템을 개발하여 이런 문제를 해결하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 특징 형상의 표현

Geometric Kernel인 ACIS는 CAD Application을 제작할 수 있는 툴로서 매우 강력하고 확장 가능한 데이터 구조(Geometric Classes)와 이 데이터 구조를 다루기 위한 유용한 함수(API)들을 제공해 준다. 본 연구에서 특징형상을 표현하기 위해서 ACIS의 기본 데이터 구조에 셀 데이터(Cell Data)라는 모델링 데이터를 부가적으로 정의하여 사용한다. 특징형상을 표현하기 위해서 크게 세 가지 정보가 필요하다. 첫 번째 정보는 각 특징형상에 관한 정보로서 기하학적인 정보와 위상 정보가 포함된다. 이외에도 특징형상의 이름 등과 같은 비기하학적인 정보도 포함된다. 이 정보들은 ACIS의 데이터 구조를 이용하여 구현하였다. 두 번째 정보는 셀 데이터 정보이다. 셀 데이터 정보는 각 특징형상 간의 간섭에 관한 부가적인 정보이다. 세 번째 정보는 특징형상이 새로 입력될 경우 기존의 특징형상과의 계층적 관계에 관한 정보를 담고 있다.

2.2 셀 데이터 구성

Fig. 2에서 사각 보스(Boss)가 모체의 맨 윗면에 삽입되었다. Fig. 3에서는 이 모체에 다른 보스를 삽입하여 간섭을 일으켜서 같은 영역을 공유하고 있도록 하였다. 이런 경우에 간섭 영역에 대해서 완전한 정보를 주기 위해서 셀이라는 것을 정의한다. Fig. 2처럼 간섭 없이 삽입된 특징형상은 서로 분리된 각각의 셀로 구성되고 다른 특징형상과의 간섭이 생길 때는 또 하나의 셀이 생성되고 이 셀은 두 특징형상

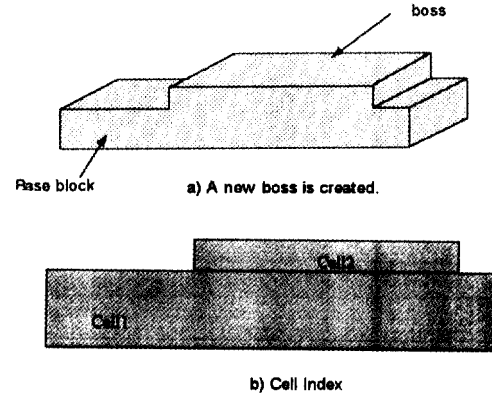


Fig. 2. Feature insertion and cell generation.

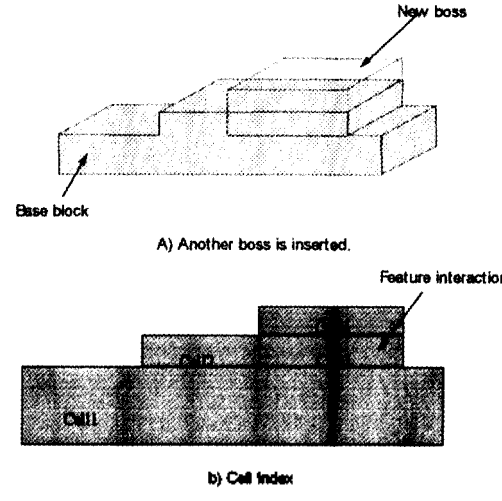


Fig. 3. Features interaction and cell generation.

에 의해서 공유된다. 특징형상을 부차적인 데이터 구조인 셀 데이터 구조로 구성할 경우에는 간섭된 영역만을 분리해서 다룰 수 있으므로 간섭에 대해서 완전한 정보를 구성할 수 있다.

더 많은 특징 형상이 삽입되고 간섭을 일으킬 경우에는 Fig. 4와 같이 기본 형상을 셀 데이터 구조로 분할해서 각 삽입 특징 형상간의 체적 간섭을 셀의 형태로 나타낸다. 셀이 삽입되고 제거될 경우에 간섭이 생기는 셀에 대해서만 새로 검사하여 계산 시간을 절약 할 수 있다. 다음은 육면체의 기본 입체에 보스(Boss) 2개와 슬롯(Slot) 1개가 연속해서 삽입된 모습이다. 무늬없는 부분은 슬롯이 삽입되어 제거될 공간이다. 즉, 외형적으로 보여지는 경계에 대한 데이터 구조와는 별도로 셀 데이터 구조를 통해서 간섭에 대한 정보를 최대한 지니고 있다.

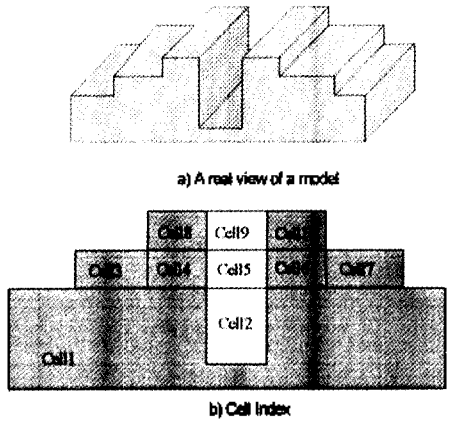


Fig. 4. A cell data structure.

2.3 셀 상태(Cell state)

Fig. 4을 고려해 보면 셀들의 특성을 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 셀이 실제의 영역을 차지하고 있거나 Depression 형상에 의해서 제거된 빈 영역을 차지하고 있다. 이를 고려해서 셀 상태는 Shown, Hidden으로 분류한다. Fig. 5에서 Cell3과 Cell5와 같은 경우에는 실제 경계를 구성하는 부분으로 셀의 상태는 Shown이다. Cell2나 Cell4와 같이 실제로 영역을 차지하지 않지만 특징 형상간의 간섭에 의해서 생성된 셀의 상태는 Hidden이다. 그러나, 셀은 Shown/Hidden라는 셀의 상태외에 Extended라는 셀상태의 부가적인 속성이 있다. 이는 이 셀을 생성하는 특징형상과의 관계에 대한 속성인데 Fig. 5에서 주특징형상인 모체에 Through Hole1이 삽입되었기 때문에 모체 위에 있는 Boss1에까지 영역이 확장된 경우이다. 이렇게 확장된 특징형상에 의해서 형성된 셀은 Extended라는 부가적인 셀의 부가적인 속성을 지닌다. 이는 Hole1이 제거되는 경우 이 셀도 함께 제거되어야 한다는 것을 나타낸다.

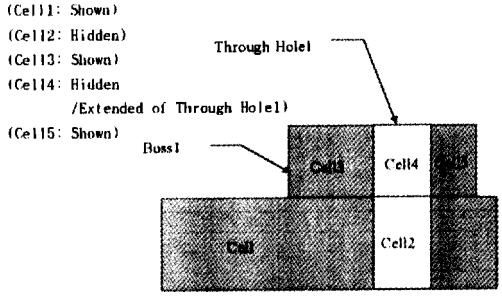


Fig. 5. An example of a cell state.

2.4 간섭 특징형상 리스트(Interaction Features List)

위에서 언급한 것과 같이 셀이 생성될 경우에는 각 특징형상간의 간섭이 존재한다는 것을 의미한다. 일단 한 셀이 생성될 때 이 셀의 생성에 관여한 특징형상의 리스트를 부가적으로 지니고 있다. 이를 간섭 특징형상 리스트(Interaction Features List - IFL)라고 한다. 이 리스트는 각 셀이 구체적으로 어떤 특징형상과 관계를 맺고 있는지를 보여주기 때문에 한 특징형상이 제거될 경우에 이 특징형상과 관계 있는 셀만을 골라내어 새롭게 구성하게 된다. 또한, 특징형상이 삽입되는 경우에는 이 특징형상과 간섭이 생기는 셀에 대해서만 IFL과 셀 상태를 새롭게 계산해 나간다. 그리고, 어떻게 IFL이 간섭정보를 저장하는지는 3.2절에 더 자세히 설명되어 있다.

2.5 특징형상과 셀간의 관계

다음은 위의 데이터 구조를 이용해서 구현한 모델의 예이다. Fig. 7에서 보이는 모델은 기본 모체에 보스 1개와 슬롯 2개가 삽입된 형상을 보이고 있다. 일

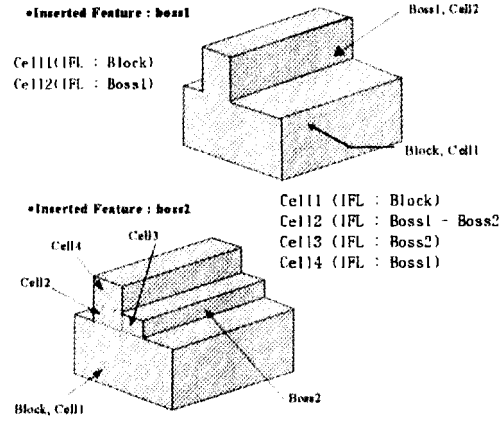


Fig. 6. Interaction features list (IFL).

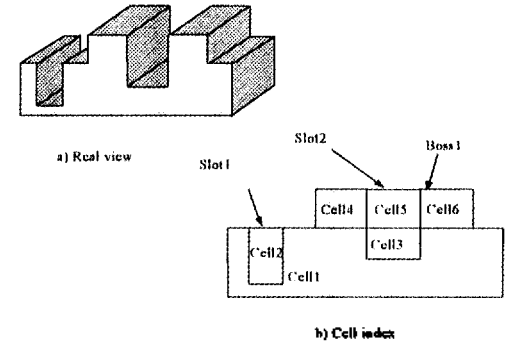


Fig. 7. An example of a features model.

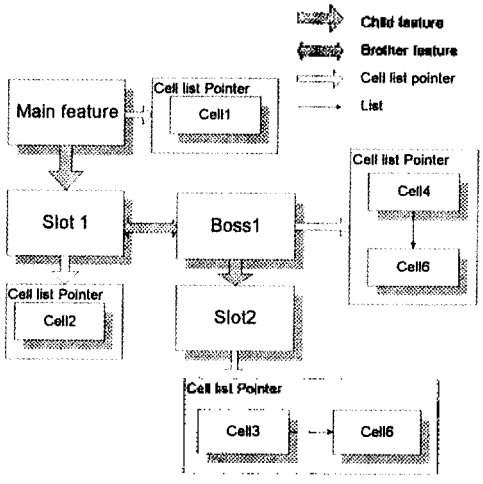


Fig. 8. A relationship between features and cells.

단 사각의 모체에 Slot1이 먼저 삽입된 후에 Boss1을 삽입하였다. 다시 이 보스에 Slot2를 삽입한 모델이다.

Fig. 7에서 모델의 각 특징형상들과 셀들은 서로간의 밀접한 관계를 맺고 있으며 그 관계를 Fig. 8와 같은 도식으로 나타낼 수 있다. 각 특징형상간에 있어서 계층 관계가 성립될 뿐 아니라 이미 언급한 것과 같이 각 특징형상은 자신에 속한 셀들에 대한 포인터(Cell list pointer)를 가지고 있다. 각 특징형상간에는 부모와 자식 관계를 맺고 있고, 같은 부모 특징형상을 갖는 특징형상들은 형제 관계를 맺고 있다.

2.6 특징 형상의 삽입

특징형상을 이용하여 모델을 만들기 위해서는 특징형상 단위로 삽입, 제거, 수정 등의 기능이 필요하다[10,11]. 다음은 특징형상의 삽입 과정시 셀을 갱신하는 과정(Algorithm)을 순서대로 보이고 있다.

(1) 기존의 셀들과 간섭을 고려한다. 새로이 삽입되는 특징형상과 간섭이 있는 셀 및 이 특징형상에서 간섭이 생긴 부분을 따로 떼어 내어 또 하나의 셀로 저장한다. 이 셀에 특징형상과 간섭이 생긴 셀의 IFL을 복사해 준다.

(2) 새로 생성된 셀의 IFL의 마지막에 새로 삽입된 특징형상을 삽입하고 셀의 상태를 결정한다.

(3) 간섭이 생긴 셀은 영역에만 변함이 있을 뿐, 상태와 IFL은 모두 그대로 남는다.

(4) 이 과정을 모든 셀과의 간섭 검사가 끝날 때까지 계속한다.

(5) 간섭 검사가 끝난 후에도 남아있는 특징형상의 영역으로 새로운 셀로 형성하고 이 특징형상을 그 셀의 IFL에 첨가한다.

2.7 특징 형상의 제거

다음은 특징형상 하나를 제거할 경우에 셀 데이터 구조의 갱신 과정을 순서대로 보이고 있다.

(1) 일단 제거될 특징형상을 선택되면 제거될 특징형상의 데이터 중에서 Cell List Pointer를 검사해서 이 특징형상과 관계된 셀들을 골라낸다.

(2) 관계된 각 셀의 간섭 특징형상 리스트(IFL)에서 이 특징형상이 몇 번째에 삽입되어 있는 지를 알아낸 후 이 리스트에서 이 특징형상의 이름을 제거한다.

(3) 위의 방법으로 셀의 간섭 특징형상 리스트(IFL)을 갱신한 후에 IFL이 NULL이 되는 셀들을 일단 제거하고 셀 위상정보를 복구한다.

(4) IFL이 NULL이 되는 셀들을 제거한다. 이제는 하나로 합쳐질 셀들을 골라내기 위해서 셀들의 IFL

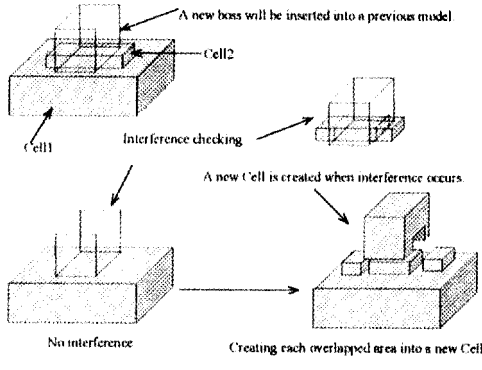


Fig. 9. An insertion of a feature.

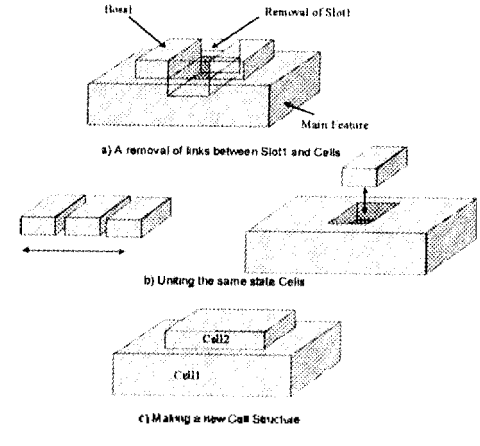


Fig. 10. A deletion of a feature.

과 상태를 조사한다. IFL과 상태가 같은 셀들을 골라내어 하나의 영역으로 합친다. 둘 이상의 셀들이 하나로 합쳐질 때 하나의 셀만을 남겨두고 나머지 셀들은 모두 제거하고 남은 셀들만으로 셀을 다시 구성한다

3. 본 특징 형상 모델러의 응용

3.1 특징형상의 간섭에 따른 문제점

특징형상간의 간섭이 생기는 경우에는 최소한 두 개의 특징형상간의 영역에 겹침이 있는 경우이다. 이런 경우에 하나의 특징형상을 제거하려면 간섭 영역에 대한 정보를 지니고 있어야 한다. 특징형상을 제거하면서 이 정보를 이용하여 특징형상이 제거된 모델을 새롭게 구성해 낸다. 그러나, 이런 간섭 정보를 면을 위주로 구성할 경우에는 간섭이 심화되면서 원래 면들은 매우 복잡하게 변화하고 나뉘어 지기 때문에 체계화하기 어려워 복잡한 간섭현상에 적용하는데 제한이 따랐다. 실제 특징형상간의 간섭은 체적 간섭이기 때문에 이를 면 중심으로 구성하는 것보다 체적위주로 구성하는 것이 간섭을 다루는 데 용이하다. Fig. 11는 삽입된 두 특징형상간의 간섭이 일어나서 영역의 겹침이 있는 경우이다. 원래 하나의 슬롯(Slot1)에 의해서 생성되었던 면은 두번째 삽입된 슬롯(Slot2)에 의해서 변형되었다.

3.2 특징형상의 간섭 표현

이 절에서는 본 특징형상 모델러에서 특징형상간의 간섭을 어떻게 처리하는 지를 보인다. Fig. 12는 모체(Mf1)에 두개의 슬롯이 삽입 된 모습을 보이고 있다. 그러나, 기존의 모델러에서는 간섭에 대한 정보를 저장하지 않기 때문에 Fig. 12의 모델만으로는 원래 삽입된 특징형상의 경계가 분명치 않다.

Fig. 12의 모델에 대해 본 특징형상 모델러에서는 특징 형상의 삽입 순서와 간섭 여부에 따라 Fig. 13, 14 및 15와 같은 세가지 셀 데이터 구조가 가능하다. Fig. 13은 Slot1과 Slot2의 간섭에 의해서 Cell3가 생

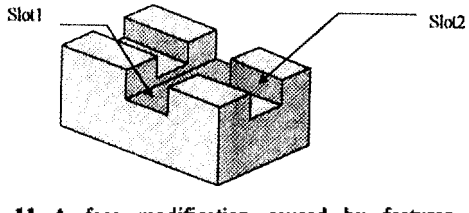


Fig. 11. A face modification caused by features interaction.

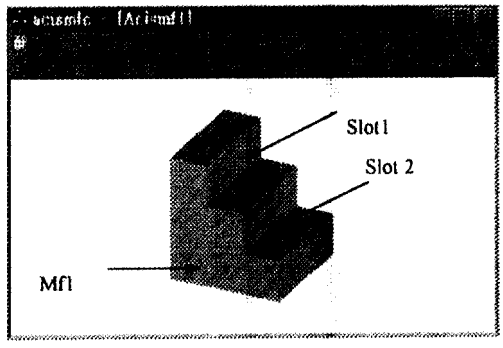


Fig. 12. Interaction of Slot1 and Slot2.

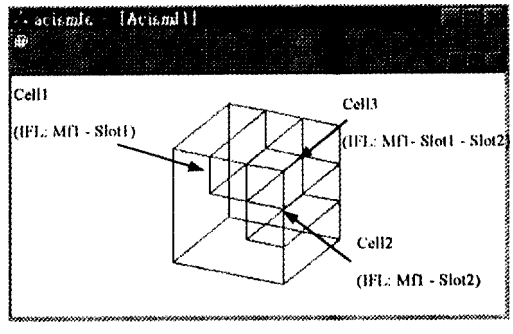


Fig. 13. Cell representation of features interaction (1).

성되었고 이 셀은 두 특징형상에 의해 공유되고 있다. 이는 Cell3의 IFL이 "Mf1-Slot1-Slot2"임을 살펴보면 쉽게 알 수 있다. 서로간의 간섭이 없는 영역은 Cell1과 Cell2에 의해서 표현되었다. 또한, Cell1과 Cell2 및 Cell3는 모두 실제의 경계를 형성하지 않는 Hidden 상태이다.

Fig. 14와 15는 Slot1과 Slot2간에 간섭이 없다는 점에서 동일하지만 Slot1과 Slot2의 경계가 서로 다른 경우이다. Fig. 14와 15는 Slot1과 Slot2는 간섭 없이 삽입되었기 때문에 특징형상의 경계가 보존되고

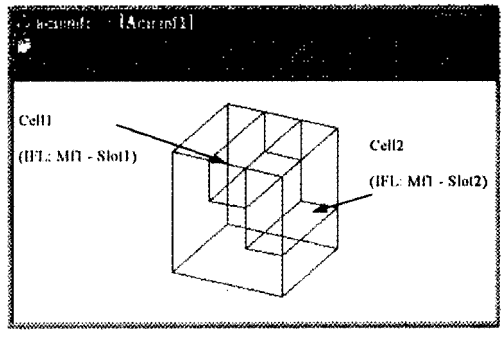


Fig. 14. Cell representation of features interaction (2).

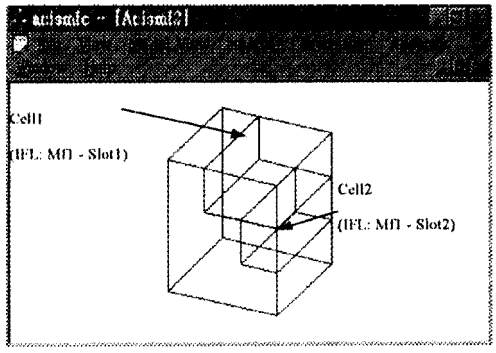


Fig. 15. Cell representation of features interaction (3).

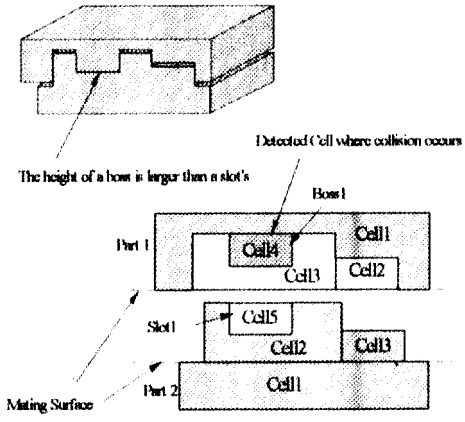


Fig. 16. An assembly checking.

있고, 각 특징형상은 별개의 셀(Cell1과 Cell2)을 차지하고 있다.

3.3 특징 형상 수준에서 충돌 검사

Fig. 16과 같이 특징형상 모델러에서 정의된 두개 이상의 모델간의 충돌 검사가 필요한 경우가 있다. 만약 이 경우에 각 모델의 외부 경계만 보존하고 있는 경우에는 구체적으로 어떤 특징형상에 충돌이 생기는지 알 수 없다. 즉, 모델간의 충돌이 생기는 것을 알 수는 있지만 구체적으로 어떤 특징형상이 문제가 되는 지를 알려 줄 수는 없다. 그러나, 본 모델러에서는 기존의 시스템과는 달리 셀을 이용하여 간섭정보를 저장하므로 Fig. 16의 Part1의 Cell4를 구성하는 Boss1과 Part2의 Cell5를 구성하는 Slot1이 문제가 됨을 알 수 있다.

4. 적용예

Fig. 17은 충돌 검사를 하기 위한 2개의 모델을 보여준다. 모델1의 Hole1과 Hole2의 반지름은 모두 2이고, 모델2의 Boss1과 Boss2의 반지름은 3이다. 두 모델의 충돌 검사를 할 경우에 Boss1과 Boss2의 반지름이 Hole1과 Hole2의 반지름보다 크기 때문에 충돌이 있을 것이다. 이미 설명한 것처럼 기존의 모델러에서는 두 모델의 충돌 여부는 알 수 있으나 구체적으로 어떤 특징형상(Boss1과 Boss2)이 문제가 되는 지 알 수 없다.

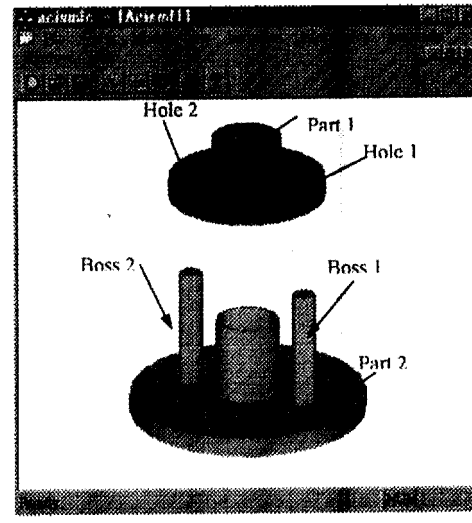


Fig. 17. A creation of two parts.

이렇게 생성된 두 모델은 합쳐진 후에 유지되어야 할 상대 위치가 있을 것이다. 두 모델에 적당한 변환(Transformation)을 적용하여 접근시킨다. Fig. 18에서는 Fig. 17에서 생성된 모델의 위치를 바꾸었다.

Fig. 19에서는 Fig. 18의 두 모델에 셀 데이터 구조

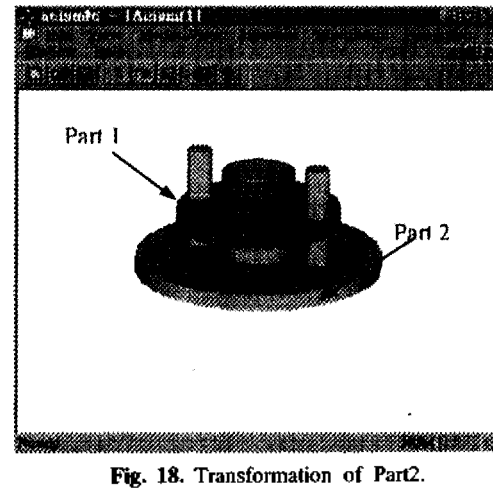


Fig. 18. Transformation of Part2.

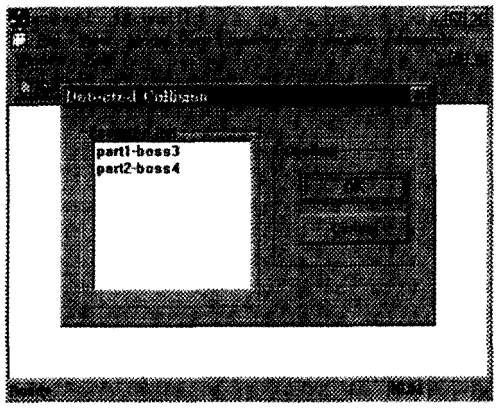


Fig. 19. Collision detection.

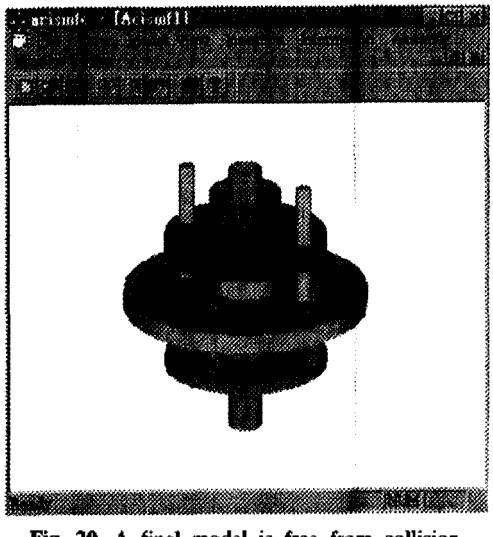


Fig. 20. A final model is free from collision.

를 이용하여 충돌 검사를 시행하여 결과를 보이고 있다. 충돌검사는 셀 단계에서 행해지며 Shown 셀들 간의 접침검사를 행하여 충돌이 있는 셀에서 실제 모델의 충돌이 일어나고 있는 것이다. 이 셀의 IFL (Interaction features list)을 추출해 내면 이들이 바로 충돌에 관여하는 특징형상들이다. 이미 언급한 것처럼 Part2의 Boss1과 Boss2의 반지름이 Hole1과 Hole2의 반지름보다 크기 때문에 Boss1과 Boss2에 문제가 있음을 보이고 있다.

모델2의 Boss1과 Boss2를 제거하고 반지름이 작은 보스들을 다시 삽입하여 두 모델간에 충돌을 제거한 모습을 Fig. 20에서 보이고 있다.

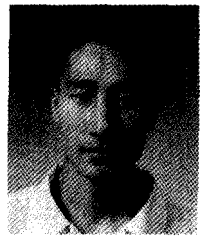
5. 고찰 및 결론

셀 데이터로 특징형상을 표현하는 경우에는 특징형상간의 간섭을 적절히 다룰 수 있으나 특징형상간의 간섭이 많아 지는 경우에는 셀의 수가 기하급수적으로 증가하여 데이터량이 많아진다. 또한, 특징형상간의 계층관계외에 셀과의 관계를 고려해야 하기 때문에 데이터 구조가 상당히 복잡해 진다. 따라서, 특징형상의 간섭정보가 필요한 경우에 이 모델링 방법을 적용하는 것이 바람직하다. 혹은 현재는 간섭이 없는 부분까지도 모두 셀로 저장하고 있으나 간섭이 일어난 부분만을 셀로 저장한다면 데이터량도 감소하면서 데이터구조도 간단해 질것으로 보인다. 또한, 특징형상 수준에서 충돌검사를 하는 경우에 단순히 Shown 셀간의 접침 검사를 해서 문제가 되는 셀을 골라낸다. 그러나, 이렇게 하는 경우에 문제가 되는 특징형상을 알 수 있지만 구체적으로 이 특징형상의 폭이 넓다던가 하는 문제점을 골라내지는 못한다. 이를 보완하기 위해서는 각 특징형상간에 맞춤관계 등을 선정할 수 있는 기법 등이 고려되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Chang, T.C., Wysk, R. and Wang, H.P., *Computer-Aided Manufacturing*, Prentice-Hall, pp. 32-36, 1991.
2. 이건우, "컴퓨터 그래픽과 솔리드 모델링", 영지문화사, pp. 117-140, 1994.
3. 한봉주, "선반 가공용 자동 공정 계획 시스템 개발에 관한 연구", 석사학위논문, 연세대학교, pp. 2-7, 1995.
4. 오수철, 조규갑, "CAD/CAPP 인터페이스를 위한 형상특징의 자동인식시스템 개발", 대한기계학회논문집, 제16권, 제1호, pp. 31-40, 1992.
5. 홍상훈, "경계 표현법을 기본으로 한 특징형상 모델러에 관한 연구", 석사학위논문, 연세대학교, pp. 5-12, 1992.
6. 김현석, "특징형상 정의가 가능한 모델링 기법의 개발", 석사학위논문, 서울대학교, pp. 1-9, 1992.
7. Mill, F.G., Salmon, J.C. and Pedley, A.G., "Representation Problems in Feature-Based Approaches to Design and Process Planning", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 6, No. 1&2, pp. 27-33, 1993.
8. Bidarra, R., Teixeira, J. and Carlos, J., "Intelligent Form Feature Interaction Management in a Cellular Modeling scheme", *2nd ACM Solid Modeling*, pp. 483-485, 1993.
9. Spatial Technology, *ACIS Geometric Modeler Application Guide*, pp. 1-25, 1995.

10. Pratt, M.J., "Synthesis of an Optimal Approach to Form Feature Modeling", *Proceeding of the ASME International Computers in Engineering Conference*, pp. 263-274, 1988.
11. Shah, J.J. and Tadepalli, R., "Feature Based Assembly Modeling", *Proceedings of the ASME International Computers in Engineering Conference and Exposition*, Vol. 1, pp. 253-260, 1992.
12. Guilford, J., Sethi, M. and Turner, J., "Worst Case and Statistical Tolerance Analysis of the Daughter Card Assembly", *Proceedings of the ASME International Computers in Engineering Conference and Exposition*, Vol. 1, pp. 343-350, 1992.



김 경 영

1995년 연세대학교 기계공학과 학사
1997년 연세대학교 기계공학과 석사
1997년 ~현재 대우자동차 생산기술연구소 연구원
관심분야 : Feature Technology, Solid Modeling, Assembly Simulation

이 수 흥

1981년 서울대학교 기계공학과 학사
1983년 서울대학교 기계설계학과 석사
1991년 Stanford대학 Design Division Concurrent Engineering 전공 박사
1991년 ~1992년 Lockheed Missile and Space Co. Cable Harness Design System 개발 Post-Doc.
1983년 ~1994년 KIMM CAD/CAM실, 선임연구원
1994년 ~현재 연세대학교 기계공학과 부교수
관심분야 : 동시공학 설계, 지식기반시스템 설계, DFM

고 희 동

1982년 뉴욕주립대 응용수학 및 전산학과 학사
1989년 University of Illinois at Urbana-Champaign 전산학과 박사
1984년 ~현재 KIST CAD/CAM 연구실 선임연구원
관심분야 : Feature Technology, Intelligent CAA, Concurrent Engineering, Assemply Modeling, Virtual Reality, Solid Modeling

김 현 석

1990년 서울대학교 기계설계학과 학사
1992년 서울대학교 기계설계학과 석사
1992년 ~현재 KIST CAD/CAM 연구실
관심분야 : Solid Modeling, Feature based Modeling, Collision Detection, Computer Graphics, Virtual Reality, Virtual Prototyping