

솔리드 모델의 오류 수정

본 기사에서는 CAD 모델을 공학적 해석이나 제조 공정에 사용하는데 있어 문제가 되고 있는 솔리드 모델의 결함에 관한 문제를 다루고자 한다. International TechneGroup사(ITI) 등과 같은 몇몇 회사들은 솔리드 모델의 결함을 발견하는 소프트웨어를 개발하고 있으며, XOX(zocks'라고 발음함)사는 이런 결함을 자동적으로 수정하는 프로그램을 개발하고 있다.

◎ 솔리드 Modeler는 무슨 일을 하는가?

대부분의 솔리드 모델러는 "경계 표현법(boundary representation techniques; B-rep)"을 채택하고 있다. B-rep 솔리드 모델러는 평면, 원통 그리고 스플라인 곡면 등과 같은 수학적 곡면으로 기하학적 형상을 기술한다. 이런 점에서는 기존의 곡면 모델러와 큰 차이가 없다. 그러나 솔리드 모델러는 곡면 형성 과정이 자동화되어 있다. 곡면 모델러에서는 사용자가 직접 곡면의 안쪽과 바깥쪽을 기억하고 트림할 곡면, 교선을 지정해야 한다. 솔리드 모델러는 교차되는 곡면을 기억하고 교선 밖의 곡면 부분을 제거하여 자동적으로 트리밍을 행한다. 솔리드 모델러는 닫혀진 형상의 안쪽과 바깥쪽을 구별하므로써 항상 실현 가능한 모호하지 않은 입체 형상을 생성한다.

자동차의 자동 변속 장치가 기어 변환 공정을 감추듯이 최근의 솔리드 모델러는 feature 기반 모델링 기능 뒤에 위상 정보 관리 기능을 숨겨 놓고 있다. 특정한 종류의 제품을 설계하는데 있어서 feature 기반 기술은 기존의 곡면 모델러에 비해 설계자가 형상을 빠르게 만들 수 있도록 해 주고 있다. Feature 기반 모델러에 파라메트릭 설계 기능이 결합되어 기존의 제품 모델을 유사한 제품군으로 변경하는 것이 매우 용이해졌다.

솔리드 모델링 과정은 모델의 위상정보가 정확히 유지되고 기하정보에 결함이 없어야 제대로 작동된다. 그러나 솔리드 모델러에 의해 생성되는 기하정

보는 대부분의 CAD 사용자가 알고 있는 것보다 많은 결함을 갖고 있다. ITI의 Doug Cheney는 솔리드 모델에서 흔히 발생하는 오류를 3가지 유형으로 분류하고 있다.

◎ 구조적 오류

구조적 오류는 올바른 모델을 구성하기 위해서 솔리드 모델러가 자체적으로 갖는 규칙을 어긴 것이다. 예를 들면, 어떤 면의 모서리가 다른 면과 공유하지 않는 경우이다. 다양체 모델에 있어서 그런 자유 모서리는 존재할 수가 없다. 그런 것은 실제로 실현할 수가 없으며, 생산이 불가능하다. 그러나 어떤 모델러들은 완전한 솔리드를 만들어 가는 중간 과정에서의 비다양체 모델을 허용하기도 한다. 만약 CAD 시스템 사용자나 응용프로그램이 이런 오류를 찾아 고치지 못하게 되면 만들어진 모델을 사용하는 가공이나 해석 프로그램이 정상적으로 작동하지 않게 된다.

구조적 결함의 또 다른 예는 모서리들이 적절한 방향을 갖지 않는 경우의 "루프 오류"이다. 이는 법선 벡터의 계산을 틀리게 하여 솔리드의 어떤 면들이 겹쳐 나타나게 한다(3차원 음영처리 알고리즘은 곡면에 반사되는 빛을 계산하기 위해서 법선 벡터를 사용하는데, 법선 벡터가 거꾸로 되면 빛을 반사하지 않는 이면(裏面)으로 간주하게 된다).

구조적 오류는 실제 오류가 발생되고 한참 후에 프로그램이 경고도 없이 죽게 하기도 한다. 또한 구조적 오류는 FEM 유한 요소 생성, NC 공구 경로 생성, CAD 데이터 교환 등에서 문제를 일으킬 수 있다.

◎ 정확도 오류

정확도 오류는 대부분의 솔리드 모델러에 있어서 곡면간 교선을 근사하기 때문에 발생된다. 곡면간 교선의 근사는 교선을 정확하게 계산하는 것이 너무 복잡하기 때문이다. 최선의 방법은 이론적 교선과

근사 곡선간의 최대 편차가 허용치 내에 들도록 하는 것이다. 솔리드 모델러들은 면, 교선, 꼭지점들 간의 최대 허용 편차를 계산하기 위한 여러가지 공차를 설정하고 있다.

면, 모서리, 꼭지점들 사이의 편차가 너무 크면 솔리드 모델을 이용하는 후공정이 실패하게 된다. 공구 경로 생성과 유한 요소 생성 프로그램은 은선이 제거된 렌더링 이미지에 보이지 않을 정도의 작은 틈을 만나도 실패할 수 있다. 이기종 시스템간 데이터 교환에 있어서는 수신 시스템의 허용 오차가 송신 시스템의 오차보다 작은 경우에 문제가 발생할 수 있다.

◎ 실제 오류(Realism Errors)

Cheney는 모델에서 실제적 의미가 없는 기하 요소를 "실제 오류(Realism Error)"로 분류하고 있다. 이러한 오류에는 크랙(crack), 슬리버(sliver face; 가는 조각)가 포함된다. 솔리드 모델에서의 크랙이란 공업재료들이 실제로 크랙이 생기는 것과 같이 모델 내의 feature들 사이의 보이지 않는 틈새이다(실제 크랙과 마찬가지로 전체 물체를 관통하지 않을 수도 있다). 슬리버란 모델 내의 큰 꼭면 사이를 연결하기 위하여 시스템이 생성한 좁고 기다란 면을 말한다. 크랙과 슬리버는 유한 요소 생성, STL 데이터 생성, 공구 경로 생성 루틴에 장애를 일으킨다. 이들 루틴은 사람이 인식하듯 물체의 전체 형상을 보지 못하고, 작은 벌레처럼 면을 정의하는 수학적 곡선을 따라 갈 뿐이다. 응용 프로그램이 크랙이나 슬리버를

만나면 예기치 못한 결과를 낼 수도 있다. 예를 들면, 어떤 유한요소 생성 프로그램은 크랙이나 슬리버를 짜 맞추기 위해 불필요한 요소를 잔뜩 만들어 놓거나, 어떤 경우에는 해석 프로그램이 작동 중지될 수 있는 수학적 특이점을 갖는 요소를 만들기도 한다. NC 프로그램에서는 공구경로가 크랙 속으로 들어가 가공시 공구나 공작물을 파손시킬 수 있다. 어떤 STL 데이터 생성 프로그램은 크랙 내에 들어가는 삼각면을 생성하여 실제로 크랙이 생긴 시작품(prototype)을 만들게 하는 경우도 있다.

◎ 문제점 방지

CAD 사용자들은 어떤 방법으로 CAD data에 모델링 오류가 생기지 않도록 할 수 있을까? 간단히 답할 수는 없지만 CAD 분야의 관리자, 사용자, 그리고 소프트웨어 개발자들의 노력에 의해 문제점들의 일부를 완화시킬 수 있다. 우선 해결해야 할 사항은 모델의 결함을 발견하는 것이다. 모델링 오류를 진단하기 위한 많은 상업적 소프트웨어가 개발되고 있다. 일부는 CAD 소프트웨어 개발자들에 의해 직접 개발되어지기도 하고 또 다른 것들은 독립된 회사들에 의해 만들어지고 있다.

International TechneGroup사(ITI)는 ACIS SAT 파일을 대상으로 모델 품질을 검사하는 프로그램을 개발하고 있다. ACIS 파일은 AutoCAD, Intergraph Solid Edge, TriSpectives, 그리고 CoCreate사(Hewlett-Packard사의 별칭)의 SolidDesigner 등에 사용된다. ITI

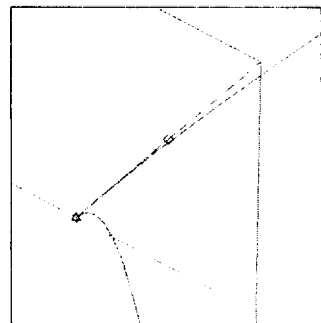
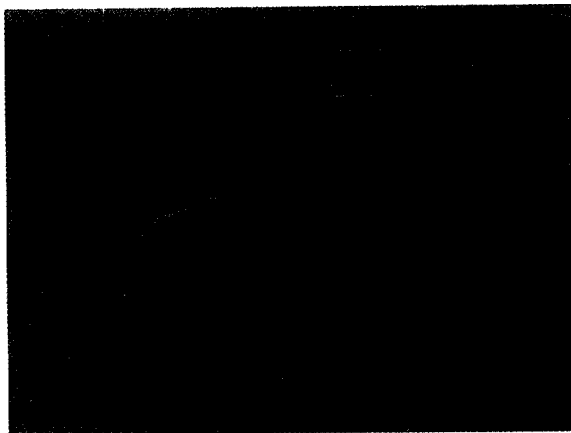


그림 1. ACIS 모델로 확대된 그림에 크랙이 보인다. 모델의 feature를 약간 조정하면 이 크랙을 제거할 수 있다(ITI사 제공).

사의 소프트웨어는 위에서 언급한 결함들을 발견하여 준다. 최근에, ITI사는 웹사이트에 모델 품질 검사 프로그램의 결과들을 보여주고 있다. 또한 ITI사는 Parasolid(Unigraphics와 SolidWorks에서 사용), Pro/Engineer, SDRC I-DEAS, Dassault Systems CATIA, Computervision CADDs 등과 같은 시스템들과, ISO의 표준인 STEP 형식의 파일들을 분석하는 소프트웨어를 개발할 계획을 갖고 있다. 각각의 경우, 모델 품질 검사 프로그램은 IGES나 STEP과 같은 표준화된 형식으로 변환된 데이터가 아닌 각 system의 고유의 형식에 따른 모델을 직접 다룰 예정이다.

CAD 사용자와 관리자들은 모델 품질 검사 소프트웨어를 이용하여 CAD 시스템 공급자에게 버그에 관한 보고서를 제공해 주거나, 또는 문제점들을 줄이거나 제거하기 위해 다시 모델링 작업을 할 수 있을 것이다. 물론 재모델링 작업은 그다지 좋은 개선 방안은 아니다. 어떤 경우에 있어서, 크랙 그리고 슬리버는 feature의 치수나 위치를 약간 변화시킴으로써 제거할 수 있다. 또한 feature의 생성 순서를 바꿈으로써 이러한 결함들의 일부를 제거할 수 있다. 불행히도, 대부분의 CAD나 응용 프로그램 사용자들은 feature의 생성 순서가 모델의 결함에 어떠한 영향을 주는지 알지 못하고 있다. 그래서 많은 시간을 투자하고 시행착오를 겪고서야 문제를 해결하는 것이다.

어떤 솔리드 모델링 프로그램은 사용자들이 공차를 직접 조정함으로써 정확도 오류를 해결할 수 있도록 하고 있다. 그러나 공차를 엄격히 주면 feature가 다시 생성되지 않을 수도 있다.

XOX사는 GDX라는 프로그램을 개발하고 있는데 솔리드 모델의 결함을 자동적으로 발견하고 수정하는 프로그램이다. XOX사는 ACIS와 경쟁하고 있는 Shapes라는 솔리드 모델러를 개발하고 있는 회사로 잘 알려져 있다. Shapes는 Ansys사의 FEM 프로그램과 많은 유전 지질 모델링 프로그램들에 의해 사용되고 있다. 현재 XOX사의 GDX는 IGES file만 다루고 있지만, 앞으로 STEP, ACIS SAT, Pro/Engineer, Parasolid, CATIA, SDRC I-DEAS 등 여러 형식의 파일을 취급할 수 있도록 확장할 계획을 갖고 있다.

XOX사는 유한 요소 분석을 하기 전에 솔리드 모델의 오류를 수정하는 문제에 초점을 맞추고 있는데, FEA 소프트웨어의 개발자와 사용자들이 솔리드 모델로부터 유한 요소를 생성하기 전에 모델을 검증하

는데 GDX 소프트웨어를 사용하기를 기대하고 있다.

◎ 주객 전도(?)

XOX사의 접근은 FEA 분석자의 작업을 다소 나아지게 하겠지만, 우리는 이 방법이 솔리드 모델의 결함을 수정하는데 있어서 옳지 못한 방법이란 생각이 든다. Edwards Deming이 품질에 대해 우리에게 가르쳐준 바는 결함을 만들고 나서 검사하고 수정할 것이 아니라, 결함을 만들 수 있는 공정을 조정하여 결함을 예방해야 한다는 것이다.

CAD에 있어서 솔리드 모델의 결함은 모델 설계자에 의해서가 아니라 모델러의 개발자에 의해 수정되어야 할 것이다. 구조적, 정확도의 결함은 주로 솔리드 모델러 프로그램이 잘못되었기 때문이다. 버그의 수정, 데이터 검사를 위한 내부 시스템의 개선, 그리고 보다 정교한 수학적 곡면 모델 처리에 의해 CAD 데이터의 오류를 줄일 수 있다.

크랙과 슬리버는 CAD 사용자의 실수에 의해 발생할 수도 있다. 그러나 이러한 예러는 사용자가 잘 조정할 수 있도록 하고, 시스템이 모델 데이터를 보다 면밀히 검사함으로써 최소화 할 수 있다. 현재, CAD 개발자들은 보다 철저한 내부 데이터 검사를 꺼려한다. 왜냐하면 솔리드 모델들이 바뀐 뒤에 모델을 다시 생성하는데 걸리는 시간이 더욱 길어지기 때문이다. 앞으로 모델러가 점진적 변화를 보다 효율적으로 처리할 수 있게되면, 내부 검사 프로그램은 부담을 덜 수 있을 것이다.

불행히도 대부분의 CAD 공급자들은 고객의 모델에 어떤 결함이 발생하는지를 조사하고 결함들을 줄이거나 제거하기 위해 프로그램을 향상시키는데 적극적이지 못하다. CAD 시스템 사용자들이 결함을 진단하는 도구를 구입해서 버그에 대한 보고서를 보여줌으로써 공급자들을 자극시켜야 한다. 또한 모델의 결함이 어디에서 발생하는지를 CAD 개발자에게 보여줌으로써, 개발자들이 모델링 결함들을 효율적으로 수정할 수 있을 것이다. 그리고 시스템 관리자들도 자기 회사가 사용하는 여러 CAD 소프트웨어에 대해서 결함들을 통계적으로 분석하는데 결함 진단 도구를 사용할 수 있을 것이다. 만약 공급자적 적절한 조치를 취하지 않을 경우에, 그 통계량을 바탕으로 공급자를 바꿀 수 있다.

비록 오늘날 솔리드 모델이 완벽하지는 않지만 생

성된 데이터의 품질이 기존의 곡면 모델러보다 훨씬 좋다는 것은 사실이다. 그리고 곡면간 틈새, 곡면의 겹침, 중복된 곡면 등과 같이 작업자의 실수에 의해 만들어진 오류가, 위상 정보를 자동적 관리하는 소프트웨어에 의해 만들어진 오류들 보다 훨씬 심각하다.

그러나 CAD 데이터의 오류 문제를 소홀히 해서는 안된다. 결함이 있는 부품 파일들은 해석과정과 제조과정에서 문제를 야기시키며, 제품의 향상을 위한 데이터 재사용에 악영향을 미친다. 그리고 설계자의 생산성을 떨어뜨리게 한다. 이런 문제점들 때문에, CAD 시스템에 대한 투자 회수가 어렵게 될 수도 있다.

◎ 기타 정보

고가의 솔리드 모델러는 대부분 자체적으로 오류 검사 기능을 갖고 있다. 이 루틴들은 많은 구조적 결함, 정확성 결함, 실체적 결함을 검증한다. 그러나 이 기능은 자체 시스템 내에서 발생하는 문제에만 초점이 맞춰져 있기 때문에 제3자 응용 프로그램이나 다른 시스템과의 데이터 교환시 발생할 수 있는 문제는 고려하지 않는 경우가 많다.

독립된 회사의 모델 검증 프로그램은 더 폭 넓은 범위의 결함, 특히 데이터 교환시의 문제를 잘 검사할 수도 있다. 게다가, 이들 프로그램은 모든 모델을 하나의 일관된 표준에 맞춰 검사하도록 되어있다. 현재 모델 검사 및 수정 소프트웨어를 개발하고 있는 일부 회사들의 연락처는 다음과 같다.

- International TechneGroup Incorporated, 5303 Du-

Pont Circle, Milford, Ohio 45150

담당자: Doug Cheney, Tel: (513)576-3825, Fax: (513)576-3994,

e-mail: doug.cheney@iti-oh.com, web site: http://www.iti-oh.com/mqt.

- Imageware, 121 W.Washington Street, Suite 400, Ann Arbor, Michigan 48104

담당자: Tom Landrey, Tel: (313)994-7300, Fax: (313)994-7303

e-mail: tlandrey@iware.com, Web site: http://www.iware.com.

Imageware의 RPM 소프트웨어는 주로 STL 파일의 오류를 수정할 목적으로 개발되었다.

- XOX Corporation, 1450 Energy Park Drive, Suite 120, St. Paul, Minnesota 55108

담당자: John Finnell, director of North American sales

Tel: (612)645-9000, Fax: (612)645-9565

e-mail: john@xox.com, Web site: http://www.xox.com.

«CAD Report Vol. 17, No. 1, January 1997»

본 기사는 경상대학교 전차수 편집위원이 "CAD Report"에서 발췌하였으며 출판사인 CAD/CAM Publishing Inc.의 연락처는 다음과 같다.

• Fax: 1-619-488-6052

• E-mail: Cadcirc@aol.com