

역 설계

Herbert D. Nobles · 김왕도

Reverse Engineering

Herbert D. Nobles · Wang-Do Kim



- Herbert D. Nobles(삼성항공 항공사업본부 CAD/CAM실)
- 1929년생.
- 오클라호마대학과 텍사스 크리스찬 대학에서 각각 학사와 석사학위를 받았고 미국 항공산업에서 30년 근무하였다.



- 김왕도(삼성항공 항공사업본부 CAD/CAM실)
- 1957년생.
- 펜실베니아 Lehigh 대학에서 기계공학 박사학위를 받았으며, 현재 삼성항공에 재직중이다.

1. 머리말

역 설계란 제품에서부터 역으로 그것의 수학적인 형상을 얻는 기법이다. 생산현장과 설계분야에서 역설계의 응용사례는 많다.

예를 들면 자동차 외형설계자는 자유곡면(free form)을 만들고, 이것에서 역으로 스템핑 다이(stamping die)를 가공한다. 물론 외형 설계자는 자유곡면을 생성하기 위해 스템이나 커크사이트(kirbsite)보다는 원하는 형상을 만들기 쉬운 진흙을 사용한다.

생산부서에서는 가공물의 설계도가 분실되거나 훼손되어 완성된 제품에서 도면이 복사되어야 할 경우가 생기게 된다. 역설계는 복제가 요구되는 어떤 형상도 적용이 가능하다. 응용대상은 특히 완구, 인조팔, 스템핑 다이, 폼 블럭(form block), 육조기, 가구, 일상용품 등이며 적용대상은 광범위하다. 역설계는 설계자가 습득해야 할 필요기술이고, 현재의 CAD/CAM 적용영역을 새로운 세계로 확대시킬 것이다.

2. 항공산업과 기타 산업에 있어서의 응용사례

미국의 전투기 사업에서 COMG(component master gage)는 전투기의 최종조립에 있어서 필요한 생산의 툴(tool)이며, 기계가 공하는 경우 설계도면에 의거하여 제작되지는 않으며, 실령 설계도면에 의해서 제작된다 하더라도 제작 후 상당한 부분이 변경된다. COMG는 가공된 부품의 확인과 상호 교체를 위하여 사용되는 툴이다. 삼성항공이 똑같은 전투기를 생산하려면 미국에서 사용되는 모든 툴(tool)이 필요하고, COMG는 그중의 하나이다. 수학적인 형상정보나 도면이 없는 COMG는 어쨌거나 복사되어야 하지만, 비슷한 형상의 COMG를 새로 설계하는 것보다 현존하는 것을 복사하는 작업이 더 어려운 일이고, 또한 복사에는 한치의 오차도 허용이 되어서는 안 될 것이다. COMG는 길이가 16피트, 너비 6피트, 높이 4피트의 물체로 이루어지며, 복제를 하기 위해 그 곡면을 구성하는 약 800개의 점의 데이터가 필

요하다. 이 점들의 좌표는 데오돌 라이트(theodolite)로 찍어 그 수학적인 표면의 정의를 구한다. COMG의 형상이 복사가 되면, 이 형상에 기준하여 삼성항공은 가공된 부품의 최종 조립과 확인이 가능하고, 상호 교체와 재가공이 가능하게 된다.

존 디어(John Deer) 사는 그들의 새로운 트랙터 모델의 후드(hood)를 제작하기 위해 조형된 모델을 CATIA(computer-graphics aided three-dimensional interactive application)⁽¹⁾ 모델로 변환하였고, 이 CATIA 모델은 수치제어 공작기계에서 매우 정확히 가공이 되면서, 후드용 스텝핑 다이를 생산할 수 있게 한다.

또 다른 예로서는, 이 회사는 공기 정화 장치의 남품을 위해 1/16 스케일의 에어 인렛 덕트(air inlet duct) 모델을 생산하였는데, 특정위치의 쓰로트(throat)의 단면적을 알고 싶어 했다. 따라서 기술자는 실제의 모델에 정해진 양의 물을 붓고 그 물의 깊이를 측정하여, 계략적인 단면적을 구했으나, 이것은 매우 부정확한 예측값이었다. 역설계를 이용하면 모델을 CMM(coordinate measuring machine)에서 한 섹션을 구성하는 위치에서 수직방향으로 다섯 개 정도의 곡선을 측정하고 이로부터 한 개의 원통형의 곡면을 구할 수가 있다. 이 곡면은 구하고자 하는 위치에서 잘라서, 이 위치에서 면(face)이 구해지고 그 면적도 알 수 있고, 이값은 상당히 정확도가 있다.

역설계의 중요한 응용의 하나는 주생산업체가 하청업체에 형상데이터를 공급하는 과정에서 볼 수 있다. 하청업체는 여러가지 종류의 그래픽 시스템이 사용되면서, 그 형상을 저장하는 데이터 베이스도 달라지며, 유일한 공통데이터는 아마 면을 구성하는 점의 좌표와 그면에 수직인 법선벡터뿐일 것이다. 어떤 그래픽 시스템은 NURBS(non uniform rational B-spline)⁽²⁾의 형태로 선, 곡선, 곡면 등을 정의하기도 한다. NURBS는 그래

픽 시스템이 처리하는 여러가지 기하학적인 형태의 수를 줄여주는 장점이 있다. 한 가지 시스템에서 다른 시스템으로 데이터를 전송하기 위해 IGES(intial graphics exchange standard) 혹은 STEP(standard for the exchange of product data)⁽³⁾ 등의 표준을 개발하기 위해 많은 작업이 있었다. 이것 또한 정확도를 보장하지는 않기 때문에, 주 생산업체는 도면 데이터를 하청업체에 주기 위해, 이 곡면에서 추출된 점과 법선벡터(normal vector)만으로 구성된 엄청난 양의 데이터를 건네 준다. 이점과 법선벡터값을 우리는 MDI(master dimension information)이라 부른다. 하청업체는 원래의 곡면 자체는 볼 수 없지만 이것으로부터 완벽하게 곡면을 생성하려고 한다.

주어진 법선벡터와 점에서 결정되는 바이-폴리노미얼(Bi-polynomial)면은 아마도 무한히 많고, 보통은 이 무한개의 면중에서 한 개의 가장 적합한 면을 선택하려고 하지만, 이것은 잘못된 방식일 것이다. 올바른 선택 기준을 든다면 생성하고자 하는 면은 페어(fare)하고, 전 영역에서 설계자의 요구사항을 만족해야 한다. 구축하려고 하는 모델의 영역을 벗어나는, 예를 들면 EOP(the edge of part)를 벗어나는 영역에 있어서도 위의 요구사항을 만족하여야 한다.

3. 역설계 적용의 요령

같은 제품이라도 CMM 장비에서 얻어진 측정 데이터와 면의 수학적인 정의로부터 데이터(MDI)와는 약간의 차이가 생길 것이다. 양쪽다 우리가 입을 수 있는 데이터이다. 형상의 수학적인 정의로부터 얻은 데이터는 균일하게 분포되어 있어, 곡면 피팅 루틴(surface fitting routine)에 의해 보간했을 때 정확성이 상당히 보장되게 되어 있다. MDI 데이터는 면에 수직한 벡터를 포함하지만, CMM에서 측정된 데이터는 이 벡터

성분이 없다. 법선벡터(normal vector)를 구하자면, 측정된 점에서 인접한 3개의 점의 부가적인 측정에서 근사치를 구할 수가 있다. 세 개의 점들에서 구해진 한 개의 평면과 이 평면에서 구해진 법선벡터는 곡면에 대한 법선벡터의 근사치로서 이용될 수가 있다. 주의할 점은 측정된 점과 나머지 두 점을 이용하여 접선 평면을 구성하고 이 접선 평면에서의 구해진 법선벡터는 결코 좋은 법선벡터를 제공하지 못한다는 것이다.

디지털라이징(digitizing)할 때는 한 축을 고정하여 평면상(planar surface)에서 디지털라이징하는 것이 좋다. 왜냐하면 평면상의 곡선이 삼차원상의 곡선보다는 피팅하기가 수월하기 때문이다. 또한 CMM 장비가 자동 모드에서 작동하도록 하면, 좀더 균일하게 분포된 데이터를 얻는다. 레이저 스캐너(laser scanner)를 사용할 경우에는 공기중의 먼지, 조명, 모델의 표면근처의 구조 등에서 레이저가 너무 많은 측정점을 얻게 하는 단점이 있다. 이럴 경우 측정된 점들이 균일하지 않다면, 노이즈 소거 알고리즘을 이용하여 불필요한 측정치를 소거하여 보다 균일한 점의 데이터를 얻는다.

보다 좋은 피팅(fitting)을 얻기 위해서는 컴퓨터에서 읽고난 후에 모델의 형상을 결정짓는 스캐닝된 데이터의 경계를 수정하는 작업이 필요하다. 이것은 우리가 EOP 영역 밖까지 디지털라이징하는 이유이기도 하다. 데이터를 트림(trim)한 후에도 모델은 EOP 영역 밖까지 포함하여 정의되어 있다는 것을 잊지 말아야 한다. 데이터를 트림함으로써 또한 피팅되는 곡면이 좀더 부드러운 또는 급격한 변화가 없는 등 매개곡선(isoparametric line), 혹은 다른 말로 플로우 라인(flow line)을 가능케 하기도 한다. 그림 1은 플로우 라인을 트림한 추후 마스터(master) 모델을 보여주며, 그림 2는 트림과정의 미숙으로 매우 찌그러진 플로우 라인을 보여주고 있다. 생성된 플로우 라인은 추후 NC 가공

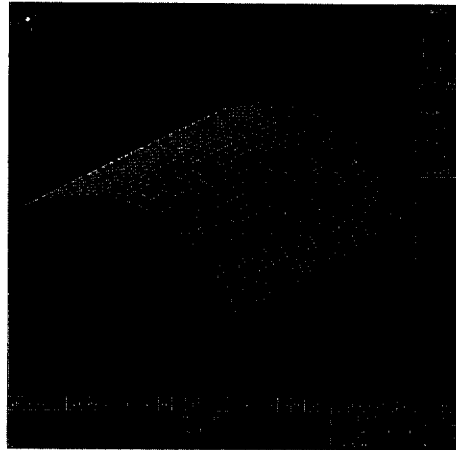


그림 1 정상적인 플로우 라인의 모델

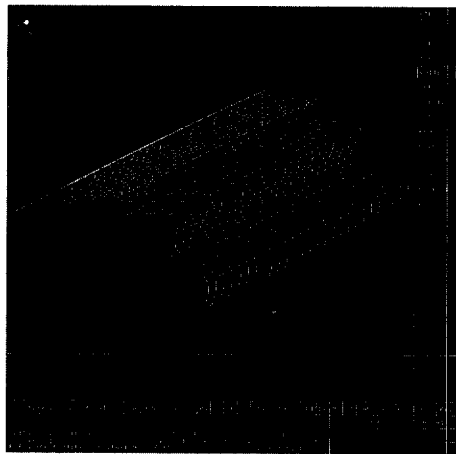


그림 2 찌그러진 플로우 라인의 모델

에서 공구의 경로가 된다는 것을 잊지 말아야 한다.

데이터를 선별하기 위해서는 라그랑지(lagrange)의 보간식(interpolation)을 이용한다. 대부분의 경우에 있어서 라그랑지보간은 직선보간(straight linear interpolation)보다 좋은 결과를 제공하여 준다. 5차 피팅이 충분하고 이것은 6개의 점을 사용한다. 트림된 데이터는 또 한차례 노이즈 소거 루틴을 이용하여 데이터를 좀더 균일하게 분포시키고 필요없는 점을 소거한다. 보간에 있어서

정확도를 증가시키기 위해 무조건 많은 양의 데이터가 필요한 것은 아니다. 이것은 오히려 모델의 사이즈를 증가시키는 결과만 초래하기도 한다. 모델의 전체적인 경계가 정해지고, 노이즈가 제거된 후에는 점의 좌표와 법선벡터에서 경계조건이 주어지고, 5차 스플라인(spline)을 이용하여 주어진 조건에서 점들을 피팅하고, 다음으로 스플라인에 기초하여 곡면이 형성되어진다. 주어진 모든 스플라인을 다 이용할 필요는 없고 경계를 결정하는 첫번째, 마지막 스플라인 등에서 그 모델의 형상에 따라 적당한 수의 스플라인을 이용할 수가 있으며, 이 작업은 논리보다는 경험에 의존한다.

바이 폴리노미얼(Bi-polynomial) 곡면의 차수는 1차에서 15차까지 범위에서 선택될 수가 있으나, 대개의 경우 각 방향으로 5차 정도면 만족할 것이다. 만일에 열개 이상의 경계곡선들을 피팅해야 한다면 각 방향으로 각각 9차, 5차 식이 사용될 수 있다. 차수가 올라갈수록 그 표면을 정하는 정보가 늘어

나, 요구되는 기억용량이 늘어난다는 것을 잊지 말아야 한다. 차수가 높다고 반드시 좋은 피팅을 할 수 있다는 것이 아님을 명심해야 한다. 원하는 곡면이 생성되고 나서는 피팅에서 제외된 점과 컨트롤 점을 따라서 살펴보고, 생성된 곡면과 어느 정도의 톨러런스(tolerance)를 가지는 것을 알아 본다. 그리고 가장 큰 오차를 적어두어야 한다.

참고문헌

- (1) CATIA is a Registered Trademark of Dassault Systems.
- (2) IGES, 1986, "Initial Graphics Exchange Specifications, Version 3.0," Doc. No. NBSIR 86-3359 Nat. Bur. of Stds., Gaithersburg, MD, USA.
- (3) NIST, 1988, "Product Data Exchange Specification First Working Draft," National Institute for Standards and Technology, Gaithersburg, MD. 