

지식기반 생산자동화 구축을 위한 3D CAD 품질 관리 시스템 연구

A Study of the 3D CAD Quality Management System to Construct Knowledge Based Production Automation

*이필립¹, 유철호², #최양열(yangryul_choi@xinnos.com)¹
 *Philippe Lee(philippe_lee@xinnos.com)¹, Cheolho Ryu², #Yang-Ryul Choi¹
¹(주)지노스, ²인하대학교 선박해양공학과

Key words : 3D CAD, Knowledge Base, PDQ, Geometry

1. 서론

제품 개념 설계 단계부터 상세 설계 및 생산까지 제조 현장에서 3D CAD 모델을 이용하여 개발 효율을 괄목할 만큼 확대하는 방법이 제시되어 신속한 판단과 개발이 중시되는 현대 제조환경에서 주목 받고 있다. 전 프로세스 내에 동일한 형식의 정보를 사용하며, 실제 제품에 가까운 3차원 형상이기 때문에 형태 파악이 유리하고, 유관업무 사이에 동일한 정보를 효과적으로 활용할 수 있는 장점이 있기 때문이다.¹

그러나 3D CAD 모델을 사용해 생산성을 극대화하는 과정에서 3D CAD 모델의 품질이 저하되는 문제가 발생하였고 이렇게 발생한 3D CAD 모델 정보의 품질을 보장하는 연구가 제품데이터품질(Product Data Quality, PDQ)라는 영역으로 발전하였다. 일반적으로 발생하는 3D CAD 제품데이터품질 문제는 CAD 모델 자체가 개념적인 컴퓨터 구현물이기 때문에 발생하는 경우로 곡면을 디자인하는 과정에서 실제 가공이 불가능하거나 물리적인 이상을 일으키는 모델이 만들어지는 결과로 나타났다. 또 다른 경우는 수많은 유관기관과 이해당사자를 거치는 동안 수정을 거듭한 제품데이터가 품질을 보장할 수 없는 수준까지 저하되는 경우로 빈번한 제품데이터 교환 때문에 나타난다.

미국 내 하나의 완성차 제조업체 설계부서와 공급망에서 협력업체 상호간에 교환되는 데이터는 연간 453,000 건에 이르며 이런 잦은 교환에서 벌어지는 제품데이터품질 문제를 해결하기 위해 연간 약 10억 달러의 비용을 투입하고 있다.² 일본 자동차 업계의 경우에는 연간 250,000 건의 제품데이터 교환이 벌어지고 있으며 이 과정에서 발생하는 제품데이터품질 문제로 71억엔의 비용과 한 개 모델당 1.5시간의 리드타임이 발생하고 있다.³

2. 제품데이터품질 검증 현황

제품데이터 품질을 보장하는 방법에 대한 연구는 지속적으로 이루어져 왔다. 일반적으로 제품데이터품질 문제가 곡면에서 발생하는 관계로 그동안 핵심적인 연구는 B-Rep과 위상요소 수준의 분석을 거쳐 제품데이터품질 문제를 추출하고 수학적인 방법으로 수정하는 알고리즘 위주로 연구되었다. 대표적으로는 기하 공차에 의해 발생한 오류를 사용자 제어 콜백 호출에 의해 수정하는 매커니즘⁴이나 Complementary object model tree를 통해 위상요소를 분류한 후 각 요소별로 오류를 수정하는 알고리즘⁵, 정렬되지 않은 작은 다면체 조각으로 변환시켜 나눈 후 순서를 주어 재구성하는 헤시 알고리즘⁶이나 인접 곡면 사이의 간격과 중첩을 측정하고 수정하는 경계곡선을 이용한 알고리즘⁷이 대표적이다. 또한 제품데이터 생성자의 의도를 고려하기 위해 설계 이력 정보를 분석하여 제품데이터 품질을 조정하는 연구⁸도 있었다.

관련 연구를 기반으로 상업용 솔루션이 실제 제조 현장에서 쓰이고 있는데, 대부분 3D 모델의 B-Rep 정보를 읽은 후 알고리즘을 담고 있는 별도의 커널을 통해 제품데이터 품질을 분석하고 수정하는 형태를 갖추고 있다. 사전에 정의한 특정 표준에 대해 알고리즘을 통해 추출하고 오류 사

항을 수정하는 구조다. 그러나 실무 현장에서 제품데이터 품질 솔루션이 찾아낸 오류를 자동으로 수정하는데는 위험 부담이 크다. 수학적인 알고리즘만으로는 알 수 없는 여러 요구사항과 제한 조건 및 의도가 실제 곡면 디자인에 반영된데다가 B-Rep 수준의 기계적인 수정은 형상을 붕괴시키거나 왜곡할 가능성이 있기 때문이다. 따라서 대부분의 상업 솔루션은 제한된 표준에 대해 수정을 진행하거나 사용자에게 오류 사항을 알리는 수준의 기능을 제공한다.

3. 품질 관리 시스템 설계

제품데이터 품질에 대한 오류를 추출하는 기능은 많이 발전한 상태이나 자동화된 수정과 교정은 아직 더 많은 개선이 필요하다. 제품데이터 품질 수정 기능의 효율성을 높이기 위해서는 두 가지 방향의 접근이 필요하다. 하나는 기존의 연구처럼 곡면을 분석하고 오류를 교정하는 알고리즘을 지속적으로 발전시키는 것이다. 일반적으로 발생하는 제품데이터 품질 오류에 대해 신뢰성 있는 알고리즘을 통해 검출하고 수정하는 부분을 떠난 나머지는 제품데이터에서 곡면뿐 아니라 의도를 읽어내는 부분을 통해 교정할 수 있다. 제품데이터에 포함된 의도는 해당 업체나 유사 프로젝트, 수행 업체에 밀착되어 축적된 노하우를 포함하는 경우가 많다. 따라서 스탠드얼론 형식으로 미리 지정된 알고리즘을 통해 제품데이터 품질을 검증하는 기존 솔루션은 한계가 있을 수 밖에 없다. 따라서 제품데이터 품질 수정에 효율성을 더하는 다른 방법은 제품데이터를 중심으로 한 시스템을 구축해 제품데이터 품질 알고리즘을 수행한 결과를 지식기반 데이터베이스로 관리하는 것이다. 정보가 축적됨에 따라 해당 현장과 상황에 밀착된 검출 결과와 수정을 기대할 수 있게 되며 신뢰성 높은 제품데이터 품질 유지가 가능해진다.

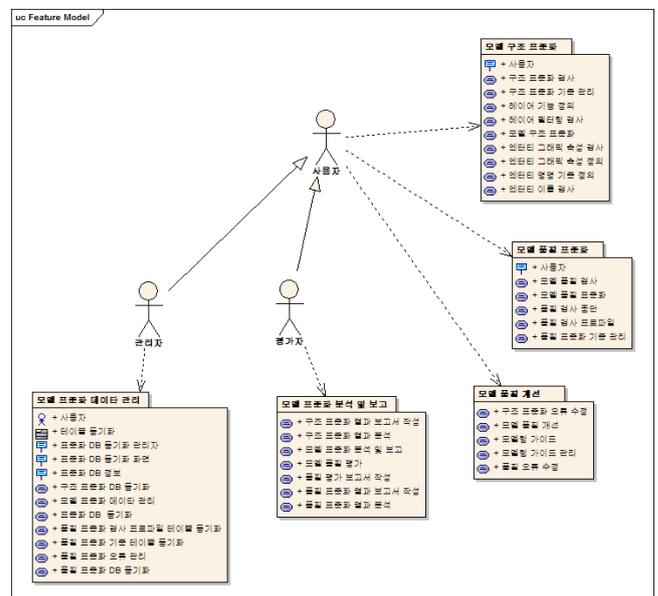


Fig. 1 Feature Models of PDQ System

이런 3D CAD 모델의 품질 관리 시스템을 설계하기 위해 여러 실무 프로젝트를 통해 검증된 CBD 방법론⁹을 토대로 프로세스를 진행했다. 일반적인 소프트웨어 개발방법론은 요구사항을 통해 유스케이스를 정제하는 과정으로 진행되나, 기능 단위로 구성이 되어있는 제품데이터품질 관리 시스템의 성격을 감안하여 Fig. 1처럼 피쳐 모델링 방식으로 기능 요소를 파악하였다.

기능별로 구성된 피쳐 모델은 표준과 오류 결과를 관리하는 부분이 구조와 품질에 걸쳐 각 2 개씩 설계하였으며, 결과를 누적해 차후 3D CAD 모델을 만들 때 노하우를 제공하는 모델링 가이드로 나누어 총 5 개 군의 피쳐 모델이 완성되었다.

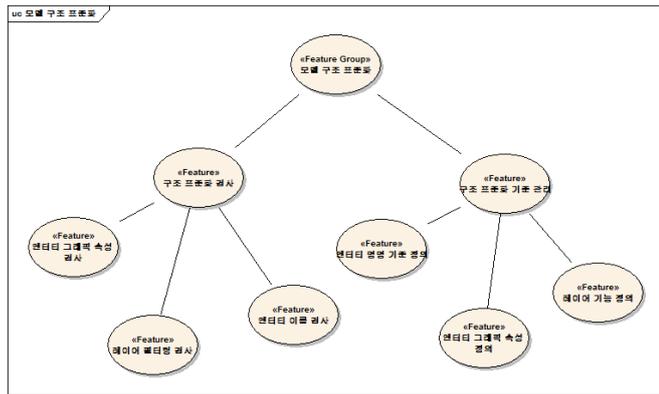


Fig. 2 Feature Model of Structural Standards

단위 피쳐 모델은 Fig. 2에서 보는 것처럼 다시 상세한 기능 요소의 계층관계로 구성되어있다. 해당 기능 요소는 다시 정제과정을 거쳐 아키텍처 구성과 실제 데이터베이스 설계의 기반 정보로 사용된다. 제품데이터품질 검사 및 수정 간 쓰인 나온 결과는 시스템 내부 정보로 상호 이용되어야 하며 소프트웨어 시스템에서는 객체로 나타낼 수 있다. 연구에서 적용한 CBD 방법론에서는 소프트웨어 시스템 내부에서 운용되는 객체를 비즈니스 객체라 부르며 해당 Fig. 2를 기초로 Fig. 3와 같이 설계하였다.

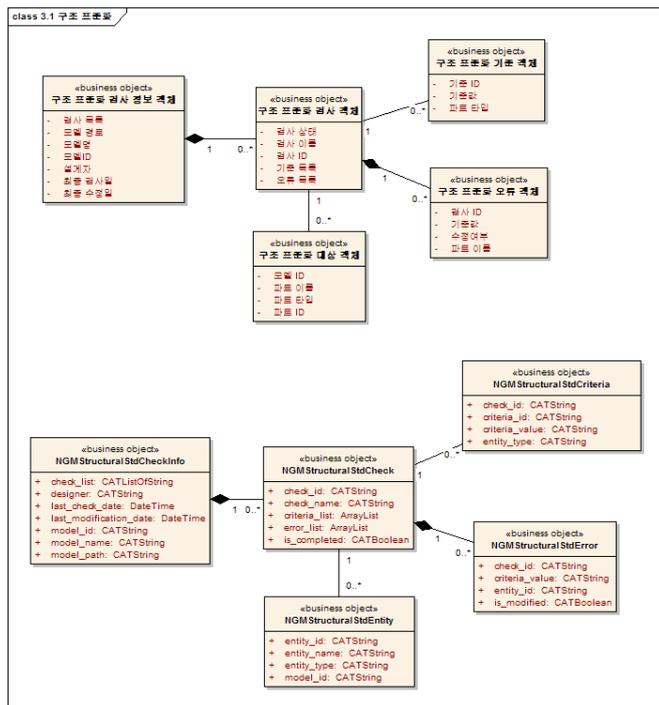


Fig. 3 Business Objects of Structural Standards

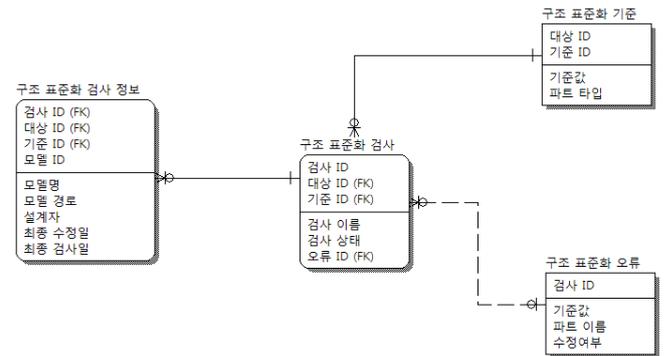


Fig. 4 Logical ER Diagram of Structural Standards

설계한 시스템을 검증하기 위해 상용 데이터베이스 시스템(Oracle 10g)을 이용해 테스트 시스템을 제작하였다. 상용 데이터베이스에서 데이터를 관리하기 위해서 비즈니스 객체로 설계한 정보 단위를 Fig. 4와 같은 ER 다이어그램 형태로 변환하였고, 구축에 적용하였다.

4. 결론

제조업의 생산성 향상의 한 방법으로 활용하는 3D CAD 모델에서 발생할 수 있는 제품데이터품질(PDQ) 문제를 해결하기 위해 현재까지 연구된 결과를 알아보고, 품질 관리 시스템을 구축해 개선 방안을 연구하였다. 소프트웨어 개발 방법론을 적용해 구현 가능성을 검증하였고, 지식 기반 제품데이터품질 시스템을 구축할 수 있음을 확인하였다. 차후에는 실제 위상요소와 B-Rep 을 분석하여 3D CAD 모델의 품질을 추출 및 수정하는 단위 모듈을 시스템에 통합하고 실제 데이터를 적용하여 전체 시스템의 공학적 효율을 높이는 연구를 진행할 계획이다.

후기

본 연구는 지식경제부에서 추진하는 차세대기술개발사업의 하나로 수행되고 있는 ‘글로벌 정보공유 및 지식기반의 차세대 생산시스템 개발’과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. “대우종합기계의 3 차원 CAD 기반의 PLM 시스템 구축 사례” 신수현, 박인환, 하태광. 2003 년, 한국캐드캠학회 학회지, 페이지: 25 - 30.
2. Tassej, Gregory “Interoperability Cost Analysis of the U.S. Automotive Supply Chain” Research Triangle Institute, 1999.
3. Japan Automobile Manufacturers Association. “PDQ(Product Data Quality)” JAMA, 2003.
4. “CAD and the Product Master Model” Hoffman, M.C., Robert, A.J. 1998. Computer-Aided Design. 제 30 권
5. “Identifying, Correcting, and Avoiding Errors in Computer-aided Design Models which affect Interoperability” Gu, H., 외. 2001. Journal of Computing and Information Science in Engineering. 제 1 권
6. “Using Geometric Hashing to Repair CAD objects” Barequet, G. 1997. IEEE Computational Science & Engineering.
7. “Procedural CAD Model Edge Tolerance Negotiation for Surface Meshing” Steinbrenner, P.J., Wynmann, J.N., Chawner, R.J. 2001. Engineering with Computers. 제 17 권
8. “전문가시스템을 이용한 CAD 모델 수정 시스템” 양정삼, 한순홍, 천상욱. 대한기계학회지, 2006. 대한기계학회. 제 30 권
9. 전병선 “객체지향 CBD 개발 방법론” 영진닷컴, 2004.