

자동차산업에서 제품데이터품질 향상을 위한 연구

양정삼^{*1)} · 한순흥¹⁾ · 강혜정²⁾ · 김준기³⁾

한국과학기술원 기계공학과¹⁾ · 현대기아자동차 남양연구소²⁾ · 한국자동차공업협회³⁾

A Study on Product Data Quality Assurance for Automotive Industry

Jeongsam Yang^{*1)} · Soonhung Han¹⁾ · Hyejeong Kang²⁾ · Junki Kim³⁾

¹⁾Department of Mechanical Engineering, KAIST, Daejeon 305-701, Korea

²⁾Hyundai-KIA Motors Company, 772-1 Changduk-dong, Whasung-si, Gyeonggi 445-706, Korea

³⁾Korea Automobile Manufacturers Association, 658-4 Deungchon-dong, Seoul 157-030, Korea

(Received 7 February 2004 / Accepted 9 November 2004)

Abstract : Digital representations of products and parts have largely replaced physical drawings as the form in which product data are stored, analyzed, and communicated among the people contributing to the design of an automobile. Many individuals and companies participate in the design of an increasingly complex automobile; hence, the design process depends critically on team members' ability to share information about essential design elements. These trends have elevated the importance of the quality of product data and its efficient exchange. In this paper, we show state-of-the-art on Product Data Quality(PDQ), and activities of PDQ assurance. And we propose a novel design history-based approach for diagnosis and healing of a CAD model.

Key words : CAD model(CAD 모델), Design history based approach(설계이력 기반 방법론), Error checking and fixing(오류 진단과 수정), Interoperability(제품데이터 교환), Product data quality(제품데이터품질)

1. 서론

자동차산업에서 디지털 CAD 모델의 도입은 다른 제조산업에 비해 빠른 속도로 진행되어 왔다. 최근에는 분산환경에서 제품설계와 생산, 공급망관리(supply chain management), 그리고 무재고 제조(lean manufacturing) 방식의 도입으로 인해 제조산업 정보화(e-Manufacturing)가 급격히 진행되고 있다. 또한, 전통적으로 디지털 모델의 생산과 관리의 주체가 됐던 OEM(Original Equipment Manufacturers)의 역할이 축소되고 1차, 2차 협력업체(1st, 2nd tiers)로 넘어가는 추세에 있다. 이에 따라, 완성차의 60~80%

가 협력업체에 의해 디지털 모델과 함께 실제 제품과 부품이 외부조달(outsourcing)되고, OEM은 C3PE(CAD/CAM/CAE/PDM/ERP)를 이용한 기업 통합 시스템(integrated enterprise system)을 구축하는 방향으로 전개되고 있다.¹⁾ 이러한 자동차산업의 추세에 따라 하나의 완성차를 개발하기 위해 OEM 뿐만 아니라 다수의 협력업체가 제품/부품 설계과정에 직접적으로 참여하게 되고, 이에 따라 제품데이터의 품질(Quality)과 교환(Interoperability)의 중요성이 증가되고 있다.

미국 자동차산업 전체에서 하나의 OEM 업체가 디지털 모델을 기업 내에서 부서간 또는 외부 협력업체와 교환하는 횟수는 약 453,000건에 이르고, 교환하는 과정에서 발생하는 오류를 수정하기 위해

*To whom correspondence should be addressed.
jsyang@icad.kaist.ac.kr

연간 \$23,000,000의 비용을 지출하고 있다.²⁾ 일본자동차산업에서는 약 250,000 건의 오류 수정을 위해 약 71억 엔의 비용과 1건당 1.5일의 리드타임(lead time)을 투입하고 있다.³⁾ Walker는 제품설계과정에서 발생하는 ECO(Engineering Change Order, 설계변경요구)의 약 45%가 모델의 오류와 모호성으로 인해 발생한다고 하였다.⁴⁾ 오류가 포함된 디지털 모델이 각각의 설계부서 사이에 또는 상위 CAD 시스템(upperstream application)에서 하위 시스템(downstream application)으로 전달될 경우, 오류를 수정하기 위해서 최초설계의 20~70%의 일량이 재투입된다.

Fig. 1은 개념설계 단계(engineering phase), 시작품 제작단계(release to manufacturing) 그리고 양산(production) 이후에서 발생하는 설계변경의 횟수와 소요비용을 보여주고 있다.⁵⁾ 개념설계 단계에서 발생된 설계변경 비용은 평균적으로 약 \$3,500 이 소요된다. 시작품 제작단계에서는 개념설계 단계에 비해 10배의 비용이 투입되고, 양산 이후에는 100배의 비용이 투입된다. 따라서 신차 개발비용과 시간을 단축하기 위해서는, 후속 공정에 넘어가기 전에 제품데이터 품질을 확보하는 것이 중요하다.

PDQ(Product Data Quality, 제품 데이터 품질) 향상을 위한 노력은 국내외 일부 OEM 업체를 중심으로 제한적인 범위에서 시도되고 있지만 PDQ에 대한 체계적인 접근과 적용범위에 대한 연구는 부족하였다. 또한 기존 상용 PDQ 툴에 대한 문제점 검토가 이루어지지 못하고 있다.^{7,8,28-30)}

본 논문에서는 주요 기관에서 진행하고 있는 PDQ 활동에 대한 기술현황을 분석하고 제품설계

과정에서 발생하는 오류 사례에 대한 연구를 하였다. 또한 PDQ에 대한 개념 정의와 오류 발생 원인에 따른 분류를 하였다. 마지막으로 CAD 모델의 오류 진단과 수정을 위해 사용하고 있는 상업용 S/W의 문제점을 분석하고, 새로운 개념의 설계이력 기반 방법론을 제안하였다.

2. Product Data Quality

2.1 정의

제품데이터(Product Data)는 Design & Manufacturing CAD data, Process planning data, Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T) data, PDM data, CAE/CAM data, Documentation 등과 같이, 하나의 제품을 설계하고 생산하기 위해 필요한 모든 데이터를 의미한다. 이러한 제품데이터는 광범위한 영역을 포괄하고 있기 때문에, 일반적으로 CAD 형상과 관련된 데이터로 축소된 의미로 정의한다. PDQ는 “모든 제품데이터를 필요로 하는 모든 사람들(downstream application 또는 협력업체)에게 시간과 공간에 제약을 받지 않고 데이터를 제공할 수 있도록 데이터의 정확성과 타당성을 보증하는 수단”으로 정의된다.⁶⁾

Fig. 2는 사내의 설계부서 간 또는 분산환경에서 제품데이터의 흐름을 보여 주고 있다.

제품데이터의 흐름에서 발견되는 오류의 대부분은 시작품 제작단계와 같이 개발 프로세스가 상당부분 진행된 생산 공정에서 발견되고, 이때는 Fig. 3과 같이 오류의 확산이 이루어진 이후가 되기 때문에, 오류의 원인을 찾고 수정한 결과를 피드백(feedback) 하는데 많은 시간이 소비된다. 또한 오류

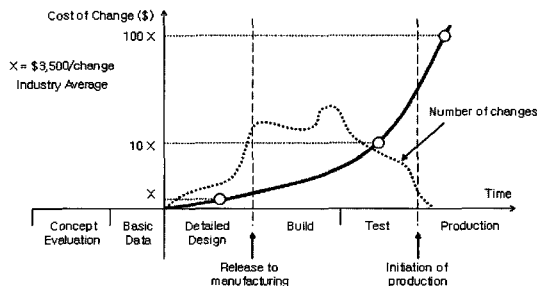


Fig. 1 Cost of engineering changes and their frequency as a function of time⁵⁾

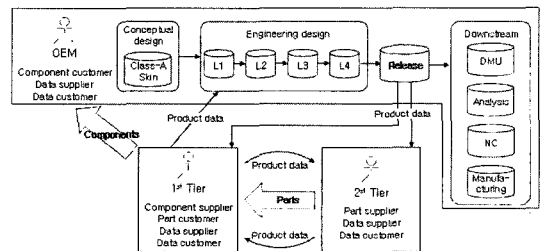


Fig. 2 Flow of product data between disciplines of a company and in the supply chain

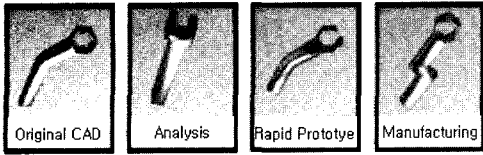


Fig. 3 Propagation of poor product data quality⁷⁾

를 수정하는 책임은 대부분 데이터를 전달받은 후 속공정이나 협력업체에 전가되고 있다. 현업에서는 오류를 직접 수정하기 보다는 전달받은 모델에서 와이어프레임(wireframe) 만을 추출해서 읽은 후, 다시 모델링 하는 소극적인 방법을 사용하고 있다.

2.2 PDQ 분류

PDQ는 형상정보와 비형상 정보 측면에서 구분한다. 비형상 정보 관점에서 규정된 품질 항목은 Solid update mechanism, Dimensioning, Model naming rule, BOM(Bill of Material) 정보 등과 같이, 제품데이터의 일관성(internal data consistency)을 유지하기 위한 항목들로 구성된다.

CAD 형상 관점에서 규정된 품질 항목은, 오류의 발생 원인에 따라서 CAD 모델의 위상(topology) 및 기하학적인(geometry) 오류로 인해 발생하는 내재적인 오류(intrinsic errors), 전달받는 CAD 시스템(receiving CAD system)의 사용 목적에 맞지 않는 관점의 오류, 사용자의 경험 부족으로 인해 발생하는 설계 방법론적인 오류로 나눈다.

내재적인 오류는 Numerical model의 정확성을 의미하며 위상요소(topology element)와 기하요소(geometry element)에 대한 수학적 해석을 통해 C0/G1/G2 continuity, Small/Void face, Self-intersection, 등과 같이 정량적인 파라미터 입력값을 통해 오류를 찾을 수 있다.⁷⁻⁸⁾ 내재적인 오류의 발생 원인은 데이터를 교환하는 두 개의 CAD 시스템의 정밀도(tolerance)와 CAD 시스템 엔진에 해당하는 커널(geometric kernel)의 차이에 따라 데이터 변환과정에서 데이터 손실에 의해 오류가 발생한다. 또한 Fig. 4와 같이 상용 CAD 시스템에서 특징형상(feature)을 이용해서 모델링 할 경우 방법론의 차이에 의해서도 오류가 발생한다. Fig. 4는 동일한 Rounding feature를 적용했을 경우 4개의 CAD 시스템에서 서로 다른

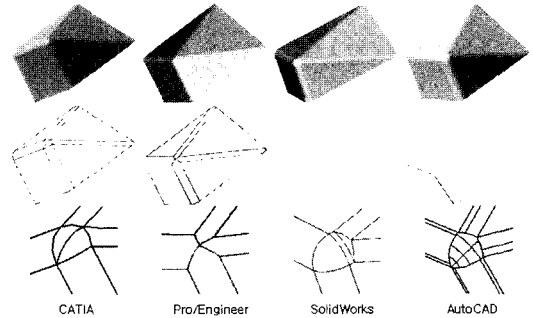


Fig. 4 Different results using the rounding function on a solid model in 4 major CAD systems

형상의 결과를 보여준다.

관점의 오류는 디자이너가 직관적으로 미려한 형상을 정확히 표현할 수 있는 설계품질(design quality), CAE 적합성(예, 메쉬 생성)과 생산성(예, 가공성, 면 품질) 또는 Manufacturing features(예, 면의 변형 및 연장, Fillet, Parting line) 등과 같은 프로세스 품질(process quality)로 나눌 수 있다.

설계방법론적인 오류는 최초 CAD 모델이 생성되는 과정에서, 설계자의 경험부족으로 인한 잘못된 설계 방법 때문에 발생한다. 또한 Filleting, Rounding, Boolean operation, Skinning, Curve trimming 등과 같은 상용 CAD 시스템에서 제공되는 위상 및 기하 오퍼레이터의 기능상 오류로 인해 데이터의 품질이 저하된다. 연구결과에서는 제품데이터의 품질이 저하되는 주요한 원인을 설계자의 경험부족인해 발생한다고 보고한다.⁹⁻¹⁰⁾ 다임러크라이슬러(DaimlerChrysler)에서는 CATIA V5 환경 하에서 설계자가 파라메트릭 모델링 하는 과정에서 실시간으로 PDQ 검증을 하는 과제를 진행하고 있다.¹¹⁾

Fig. 5는 잘못된 프로세스 품질의 예로서 프레스 금형의 CAD 모델에 발생한 오류를 보여준다. ①은 Face와 Face의 경계 부분에 Fillet을 처리하지 않아서 미삭(undercutting)이 발생하였다. ②는 높은 차수의 곡면처리를 해서 짧은 구간에 많은 미세한 patch가 생성되었다.

이로 인해 NC 데이터 생성이 어렵고 가공 시 속도가 저하된다. ③은 폭이 짧고 길이가 긴 Narrow face로 인해 데이터 변환 후 Face가 누락됨을 보여준다. 이로 인해 금형 가공 시 과삭(overcutting)이 발생

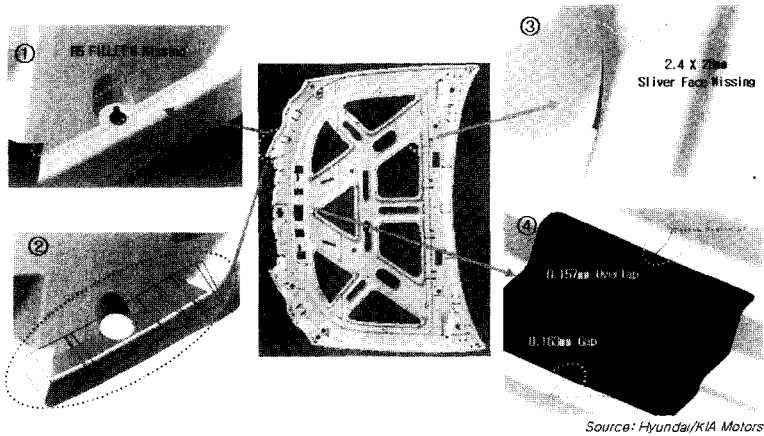


Fig. 5 Examples of the 3D CAD model errors in the press die manufacturing

한다. ④는 Face간에 Gap 또는 Overlap의 오류로 인해 과삭 또는 미삭이 발생한다.

2.3 국내외 PDQ 활동

PDQ 활동은 각각의 OEM 업체 내부에서 2D/3D 모델 관리, 모델링 가이드라인, 데이터 관리 지침서 등과 같이 사내 표준서를 규정하거나, 상위 CAD 시스템에서 전달받은 CAD 형상을 하위 CAD 시스템에서 목적에 맞게 정리하는 제한적인 범위 내에서 진행되었다. 그러나 분산환경에서 제품 설계와 생산이 이루어지고 세계화된 부품의 공급망관리를 위해서 표준화된 PDQ 규격 개발이 필요하게 되었다.

프랑스의 GALIA는 “GALIA Standard on CAD Data Quality”를 진행 중이고, 독일의 VDA는 “VDA Standard on Quality of CAD/CAM Data”를 추진하여, 1993년에는 PDQ 문서인 VDA-Recommendation 4955 V1이 개발되었다.^{12,13)} 스웨덴의 ODETTE은 SOFEC 내의 S-PDQ라는 그룹에서 “CAD/CAM Quality Assurance Method” (ODG11CQ9504)을 추진하였고, 1999년 VDA4955 V2를 포함하여 유럽의 PDQ 규격이 되었다.¹⁴⁾ 호주의 FCAI/FAPM는 AUSAP(The Australian STEP Automotive Project)의 SPIDER Project를 통해 PDQ 규격에 대한 연구를 하고 있다.¹⁵⁾

미국의 AIAG는 제품데이터의 품질과 재사용을 향상시키기 위해 1998년부터 Vehicle Product Data Quality Work Group (VPDQ)가 활동하고 있다.¹⁶⁻¹⁹⁾ VPDQ는 AIAG document D-12 Defining Product Data

Quality와 D-15 Product Data Quality: Guidelines for the Global Automotive Industry 문서를 배포하였다.

일본의 JAMA와 JAPIA는 자동차산업에서의 정보화 사업의 일환으로 2001년부터 “JAMA Working on CAD Data Quality Pilot” 과제를 진행하고 있다.²⁰⁾ 최근에는 SASIG PDQ Document V1을 기반으로 JAMA PDQ 가이드라인 V3과 상용 CAD 시스템의 적용사례를 문서화 하였다.

6개의 완성차 생산 국가의 협회들로 구성된 SASIG(Strategic Automotive Product Data Standards Industry Group) 컨소시엄에서는 PDQ를 국제 규격화하기 위한 연구를 진행하여 2001년 국제규격인 SASIG PDQ Document V1이 개발되었고, 국제표준화(ISO TC184/SC4N1469)가 진행 중에 있다.²¹⁾

국내에는 전자상거래 표준화 통합포럼 (ECIF)에서 “자동차 산업에서 제품 데이터 품질에 대한 적용 지침”을 개발하였다.²²⁾ 또한 한국자동차공업협회에서 산업부문 B2B네트워크 구축지원 2단계 사업(자동차)으로 “자동차산업에서 제품데이터품질 향상을 위한 가이드라인 개발”을 진행하고 있다.

다임러크라이슬러는 1년에 20만 건 이상의 CAD 모델의 교환과 10만 건의 CAD 모델이 생성 및 변경되고 있다. 이중 약 1만여 개의 CAD 모델이 오류로 인해 수정되고, 이에 따라 1년에 €500,000의 비용이 소요되고 있다. 이를 해결하기 위해 2000년부터 Data Quality (DQ) Project가 진행 중에 있다.¹¹⁾

대우자동차는 1998년 CATIA V4 환경에서, 정량

적인 데이터를 바탕으로 곡면의 오류를 해석하는 “CAD 곡면의 오류 검증 및 품질 정량화 S/W 개발” 과제를 수행하였다.²⁴⁾ 현대기아자동차는 2001년부터 “3D 모델 품질 확보시스템(MQA) 구축”을 진행하고 있다.²⁵⁾

2.4 관련 문헌 연구

PDQ에 대한 연구는 주로 CAD 형상 관점에서 진행되어 왔다. 특히 상위 시스템에서 전달받은 형상의 왜곡에 대해 B-Rep(Boundary Representation) 형상으로 해석하는 방법을 사용하였다. Hoffman et al.은 GD&T(Geometric Dimensioning and Tolerancing) 관점에서 오류를 진단하였고 순차적인 설계이력 정보를 오류 수정에 이용하였다.²⁶⁾ Deshpande et al.은 CAD 형상의 위상요소(topological entities)를 보조객체트리(complementary model object tree)에 적용해서 분류하였고, 위상요소들간에 공차를 연산하는 방법을 사용해서 오류를 찾아내었다.²⁷⁾

Barequet et al.과 Steinbrenner et al., Volpin et al.은 Exact B-Rep 형상을 다면체 B-Rep(Faceted B-Rep)으로 근사화 시켜 각각의 다각형(polygon) 사이에 발생하는 Gap과 Overlap에 대한 연구를 하였다.²⁸⁻³¹⁾ 이 연구는 Gap과 Overlap 등과 같은 특정 항목에 대한 오류 문제를 접근하였고, 연구 목적도 CFD(Computational Fluid Dynamics)와 CSM(Computational Structural Mechanics), Mesh generation의 간접 연구 형태로 진행되었다. Gu et al.은 CAD 모델에서 발생할 수 있는 각종 오류 종류와 현업에서 수집한 실제사례에 대한 연구를 하였다.³²⁾

2.5 SASIG PDQ Document V1

SASIG PDQ Document V1은 4개의 영역으로 구성되어 있다. Part I은 PDQ의 정의와 필요성을 기술하였다. 이를 위해 7개의 사용자 도메인(CAD users, Engineering analysis specialists, Tool and fixture designers, Numerically controlled machine tool programmers, Prototype builders, Product quality inspectors, Test laboratories) 관점에서 PDQ에 접근하는 방법을 소개한다. 또한 PDQ 오류 항목을 정의하기 위해 Fig. 6과 같이 표준화된 식별코드를 정의하였다.

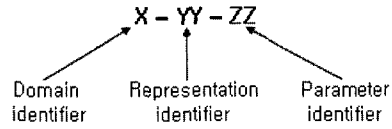


Fig. 6 Structure of criteria code and its identifiers¹⁷⁾

Domain identifier는 6개, Representation identifier는 23개, Parameter identifier는 40개의 값들로 구성된다. 예로서, G-FA-EG는 CAD Geometry를 구성하는 Face에서 두개의 Edge에서 발생한 간격의 오류를 의미한다.

PDQ 문서의 Part II는 CAD 모델의 형상 관점에서 발생할 수 있는 오류의 항목을 정의하였다. Part III는 PDQ를 향상시키기 위한 방법으로서, 오류로 인해 발생하는 비용 산정과 비즈니스 사례를 수집하는 방법을 소개한다. Part IV는 제품개발 프로세스에서 PDQ를 개선하는 방법을 소개한다.

3. 오류 진단과 수정을 위한 접근 방법

3.1 B-Rep 기반의 오류 진단과 수정

하나의 단품을 표현하기 위해서는 Point, Trimming curve, Surface와 같은 기하요소(geometry element)와 Vertex, Edge, Face, Body 등과 같은 위상요소(topology element)가 필요하다. 기하요소는 형상을 정의하고, 위상요소는 형상의 연결조건(connectivity)을 정의한다. 두 개의 요소는 B-Rep 형상을 표현하기 위해서 Fig. 7과 같이 자료구조 내에 서로 링크관계(Point-to-Point)로 존재한다.

Fig. 7의 솔리드 실린더는 1개의 body, 4개의 face, 6개의 Edge, 4개의 Vertex로 구성된 Topology와, 4개의 Point, 2개의 Line, 4개의 Arc, 2개의 Plane, 2개의 Cylindrical surface로 구성된 Geometry로 이루어졌다.

B-Rep 기반의 형상에서 오류는 위상요소들 간의 오류와 기하요소들 간의 오류로 구분된다. 위상요소들 간의 오류는 Closed face representation, Loop orientation, Loop-edge connectivity, Degenerate edge representation, Edge-vertex connectivity 등의 형태로 발견된다. 형상요소들 간의 오류는 Curve 또는 Surface의 비연속성, Trimming curve에서 Edge들이

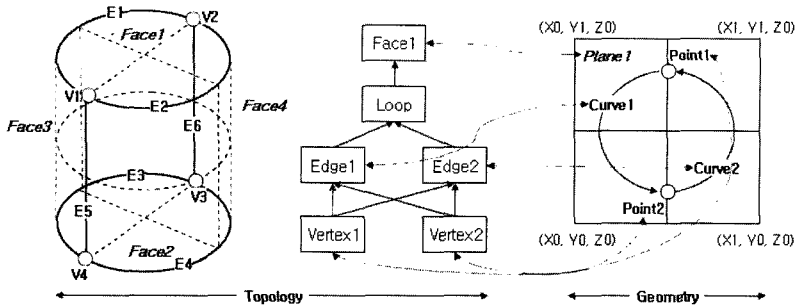


Fig. 7 Relationship between geometry and topology elements in a solid cylinder

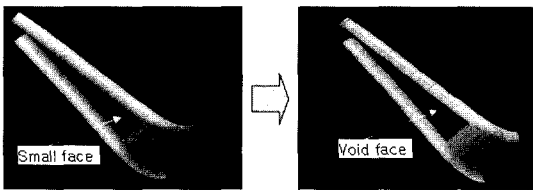


Fig. 8 Small face error due to the tolerance difference of two CAD systems

Surface 위에 투영되지 않은 경우, Edge의 End point가 Vertex와 일치하지 않는 경우, 위상요소들간에 간격이 발생한 경우에서 발견된다.

Fig. 8은 형상의 Small face 문제로 인해 높은 정밀도의 CAD 시스템에서 낮은 정밀도의 CAD 시스템으로 CAD 모델이 변환할 경우, 정밀도의 차이에 의해 Void face(SASIG ID: G-FA-TI)가 발생하는 것을 보여 준다. Small face는 설계 과정에서 투영이 불가능하거나 오프셋(offset)을 할 수 없다. 또한 CAE 과정에서 메쉬가 잘 끊어지지 않거나 해석 계산이 오래 걸린다.

대부분의 상용 S/W는 B-Rep 기반으로 위상요소와 기하요소를 수학적으로 해석해서 오류를 진단하고 수정한다. 그림 9는 Narrow face 오류(SASIG ID: G-FA-NA)를 수정하는 방법을 보여 준다.

CAD 모델 오류를 B-Rep 기반으로 진단하고 수정하는 것은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 복잡하지 않은 알고리즘을 통해 가능하다. 그러나 오류를 수정할 경우에 왜곡된 형상(위상/기하학적으로 오류는 없지만 설계자가 원하지 않는 형상의 결과)이 되거나, 수정 후 불안정한 위상구조로 바뀌므로 인해 특정 부분 또는 전체형상이 붕괴(core-dump)되는 경우가 발생한다. 이로 인해 제한적인 오류 항목 내에서만 수정이 가능하고 자동화하기 힘들다.

B-Rep 기반으로 수정된 CAD 모델의 약점은, 설계 이력정보(history information), 제품의 파라메트릭 정보 등과 같은 설계의 의도(design intent)가 제외된 깎데기(crust) 형상의 결과가 나오고, 특징 형상 기반의 CAD 시스템에서 Datum feature 형태로 넘겨진다. 이러한 B-Rep 형상은 향후 설계 변경이 불가

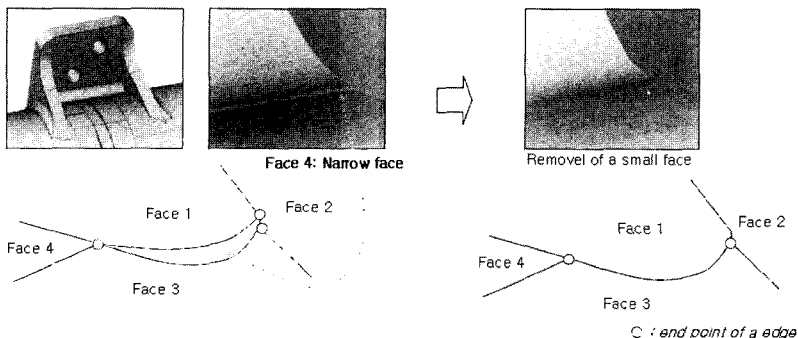


Fig. 9 Healing of narrow face by adjustment of topology elements

능하기 때문에, 모델의 버전관리가 힘들고 현업에서 활용도가 낮다.

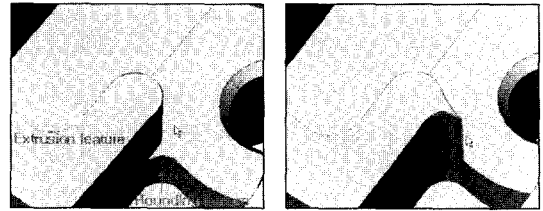
과거의 B-Rep 기반의 데이터 교환 방법에서 특징형상기반 또는 설계이력기반의 번역기 개발이 학계와 업체에서 진행 중에 있다.³³⁻³⁶⁾

3.2 설계이력 기반의 오류 진단과 수정

특징형상기반 CAD 시스템은, Fig. 10에서 보는 바와 같이, 설계자가 모델을 생성하기 위해 사용한 모든 명령어들이 순차적인 설계이력 형태의 Tree view list로 나타난다. Screw를 모델링한 Fig. 10에서, Shaft feature command인 Shaft.1은, 이전에 수행된 Pad feature command인 Pad.1을 입력으로 받고 360도 회전을 *input value*를 받은 결과로 Solid 형태의 *ResultOUT*이 생성된다. *Activity solid*는 boolean operation과 같이 두개의 Solid가 필요한 경우에 사용된다.

설계이력 기반으로 만들어진 모델은, B-Rep의 Geometry 자료구조뿐만 아니라, Feature를 생성하는 명령어들의 집합과 Feature의 파라미터 데이터, Feature 또는 파라미터들 사이의 Relationship, 그리고 구속조건으로 구성되어 있는 파라메트릭 데이터를 데이터 저장소에 포함한다.

모델의 오류를 진단하고 수정하기 위해서, 수행된 명령어들에 대한 Contextual error를 검사하기 위한 Declarative diagnosis process를 수행한다. 즉, 모델링 과정에서 모델의 특정 부분을 생성하기 위해 사용한 Feature 명령어들이 오류를 발생시키는 원인이 되었는지 확인해야 한다. Fig. 11은 설계이력정보에서 Extrusion feature command를 사용하기 전에 Rounding feature command를 사용함으로써 인해 Cusp



(a) A proper shape (b) An undesired shape
Fig. 11 Example of contextual error in command history

shape(SASIG ID: G-SH-SA)이 발생하는 것을 보여준다. 이러한 Contextual meaning을 검사하기 위해서는 모델링 가이드라인이 필요하다.

Fig. 12에서 보는 바와 같이, 오류를 수정하기 위해서 오류 부분에 관련되는 명령어들을 재구성하는 부분(ordered resolution)과, 하나의 Feature 정보에 연결되어 있는 파라메트릭 데이터 상호간에 연결조건을 검사(inter-dependency checking)해서 명령어들과 함께 비동기적으로 수정(a-cyclic resolution)하는 부분으로 나눌 수 있다.

설계이력기반의 오류 진단 및 수정 시스템 개발은 CATIA V5 기반으로 CAA(Component Application Architecture)를 이용해서 개발하였다.

Fig. 13은 Narrow Step 오류의 예를 보여 준다. 아래쪽 원판에 발생한 Narrow Step 오류는 4개의 실린더를 Boolean(Remove)을 수행한 후 하단에 0.09mm 깊이의 Step이 발생하였다. Step이 발생한 부분의 Face(화살표 표시)에서 연속된 Edge들 사이의 길이의 비율(길이가 긴 edge/길이가 짧은 edge)이 287이다. 시스템에서는 Fig. 13에서 보는 바와 같이 XML 패턴 기반으로 설계이력을 분석해서 Pad(Pad.2)와 Remove(Remove.1)의 명령어를 변경해서 오류를 수정하였다.

4. 결론

최근 자동차 산업에서 제품개발과 생산의 역할이 OEM에서 협력업체로 넘어가고 있는 추세에 있으며, 0.5 협력업체라는 단어도 등장하고 있다. 이에 따라, 분산환경에서 제품개발과 공급망관리를 위해서 제품데이터의 품질이 확보되어야 한다. 또한, 신차개발 기간을 단축하기 위해서 이전 차종에서 사용했던 모델을 재사용하는 비율이 증가하고 있고,

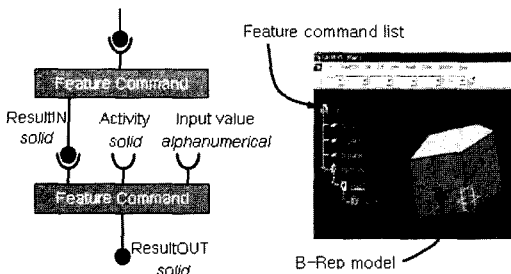


Fig. 10 Feature-based CAD system, CATIA V5

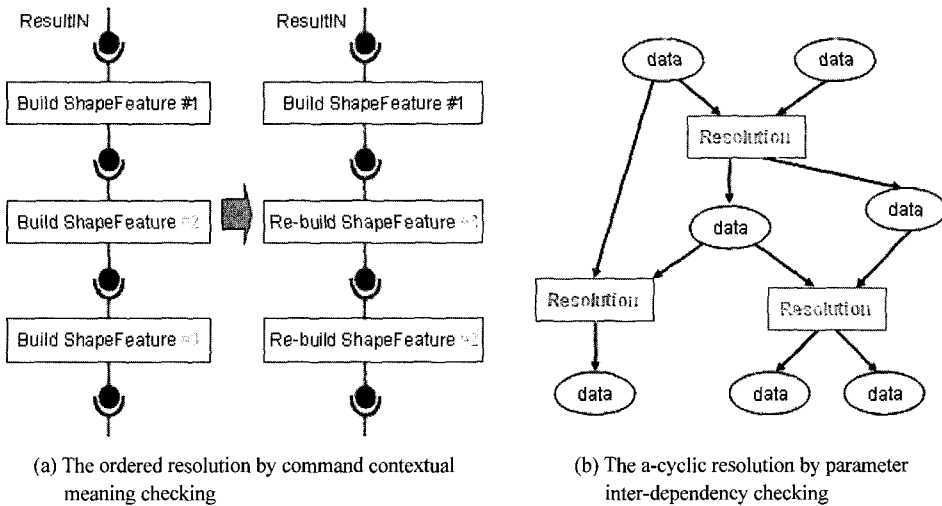


Fig. 12 Design history-based CAD model diagnosis and healing method

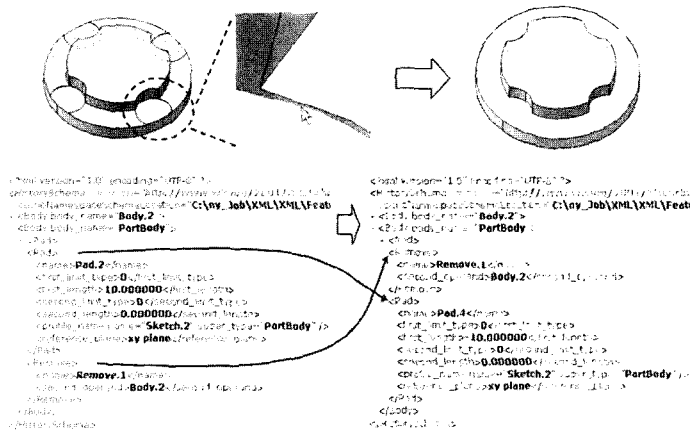


Fig. 13 Example of a narrow-step error and its healing

향후 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는 기존 제품 모델의 재사용 비율을 80%까지 올려야 한다.³⁷⁾ 재사용 비율을 높이기 위해서 제품모델의 품질이 확보된 기준모델(a model of master)의 활용을 늘려야 한다. 그러나 완성차에서 사용하는 제품모델을 Six-Sigma 관점에서 분석한 자료에 의하면 2.5 DPMO(Defect per million opportunities)에 지나지 않는다.⁵⁾

본 논문에서는 PDQ와 관련된 국내외 기술현황을 분석하였고 제품개발 과정에서 발견되는 품질 문제에 대한 분류를 하였다. 또한 CAD 모델의 오류 진단과 수정에 있어서 기존 상용 PDQ 툴의 문제점을 분

석하였고 이를 개선할 수 있는 설계이력 기반의 접근 방법을 제시하였다.

References

- 1) H. C. Crabb, "The Virtual Engineer, 21st Century Product Development," SME/ASME Press, New York, 1998.
- 2) G. Tassej, "Interoperability Cost Analysis of the U.S. Automotive Supply Chain Final Report(RTI Project Number 7007-03)," Research Triangle Institute, 1999.
- 3) Japan Automobile Manufacturers Association,

- “Product Data Quality: Guideline V2.0,” JAMA(<http://www.jama.or.jp>), 2003.
- 4) D. Walker, “Introduction of TOPGUN XI,” 2001 COE Conference, Anaheim, CA, April 4, 2001.
 - 5) G. A. Finn, “Six-Sigma in the Engineering Design Process,” Prescient Technologies(www.prescienttech.com), April 1999.
 - 6) SASIG(Strategic Automotive Product Data Standards Industry Group) PDQ, http://www.sasig-pdq.org/sasig/sasig_index.html
 - 7) J. Yang, S. Han and S. Park, “A Method for Verification of CAD Model Errors,” Journal of Engineering Design, Vol.15, No.5, pp.238-247, 2004.
 - 8) J. Yang, S. Han, Y. Choi and S. Park, “Development of a Diagnosis System for CAD Model Errors using OpenCASCADE,” Transactions of the KSAE, Vol.10, No.3, pp.151-158, 2002.
 - 9) A. P. Tomas, “Extending Quality Concepts to Product Data,” ActionLine: AIAG 1 The Magazine of the Automotive Industry Action Group, August 1999.
 - 10) A. Yunas, “Global Success Stories about International Solutions in Product Data Collaboration,” 2001 SASIG Meeting, Japan, October 2001.
 - 11) Dassault Systemes: Press, http://www.3ds.com/en/press/ipf.asp?object_name=transcatva
 - 12) GALIA: En Quelques Mots, http://www.galia.com/bin/p_galia.asp
 - 13) VDA: Abteilungen, http://www.vda.de/de/vda/intern/organisation/abteilungen/log_cad_odette.html
 - 14) SOFEC: Projektgrupp S-PDQ, <http://www.odette.se/arbetsgrupper.htm>
 - 15) AUSAP: The Australian STEP Automotive Project, http://www.ausdec.com.au/ausap_home.htm
 - 16) AIAG: D-12 Defining Product Data Quality, <http://www.aiag.org/publications/d12.asp>
 - 17) AIAG: D-15 Product Data Quality: Guidelines for the Global Automotive Industry, <http://www.aiag.org/publications/d15.asp>
 - 18) AIAG: PP470 Product Data Quality Guidelines for the Global Automotive Industry, Version 2, <http://www.aiag.org/projects/pp.470.asp>
 - 19) AIAG: Product Data Quality Improvement, <http://www.aiag.org/projects/pp.393.asp>
 - 20) JAMA: PDQ Guideline, www.jama.or.jp/it/pdq
 - 21) ISO TC184-SC4: SC4 N-DOCS, http://www.tc184-sc4.org/SC4_Open/SC4_and_Working_Groups/SC4_N-DOCS/1250-1499/maindisp.cf?m?bk=7480
 - 22) PartDB Co. Ltd., “Product Data Quality Guideline of Automotive Industry,” Integrated Forum on Electronic Commerce(www.ecif.or.kr), 2003.
 - 23) J. Yang and S. Han, “Healing of STEP AP214 Automotive CAD Data,” Transactions of the SCCM Engineers, Vol.7, No.3, pp.170-176, 2002.
 - 24) Daewoo Motors Co., “Development of CATIA Surface Quality Analysis S/W,” 1996.
 - 25) J. B. Kim and H. J. Kang, “HKMC 3D Model Quality Assurance System,” 14th PLM Solutions User Conference, (http://www-903.ibm.com/kr/event/download/download.jsp?file_html=95_14th_plm_solution.html), Seoul, September 2003.
 - 26) C. M. Hoffman and J. A. Robert, “CAD and the Product Master Model,” Computer-Aided Design, Vol.30, No.11, pp.905-918, 1998.
 - 27) V. Deshpande, L. Fornasier, E. A. Gerteisen, N. Hilbrink, A. Mezentsev, S. Merazzi and T. Whler, “Virtual Engineering of Multi-disciplinary Applications and the Significance of Seamless Accessibility of Geometry Data,” Future Generation Computer Systems, Vol.16, pp.435-444, 2000.
 - 28) G. Barequet, “Using Geometric Hashing to Repair CAD Objects,” IEEE Computational Science & Engineering, pp.22-28, 1997.
 - 29) G. Barequet, D. Shapiro and A. Tal, “History-driven Reconstruction of Polyhedral Surfaces from Parallel Slices,” In Proc. IEEE Visualization, San Fransisco, CA, pp.149-156, 1996.
 - 30) J. P. Steinbrenner, N. J. Wynman and J. R. Chawner, “Procedural CAD Model Edge Tolerance Negotiation for Surface Meshing,”

- Engineering with Computers, Vol.17, pp.315-325, 2001.
- 31) O. Volpin, A. Sheffer, M. Bercovier and L. Joskowicz, "Mesh Simplification with Smooth Surface Reconstruction," Computer-Aided Design, Vol.30, No.11, pp.875-882, 1998.
- 32) H. Gu, T. R. Chase, D. C. Cheney, T. Bailey and D. Johnson, "Identifying, Correcting, and Avoiding Errors in Computer-Aided Design Models Which Affect Interoperability," Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol.1, pp.156-166, 2001.
- 33) D. H. Mun, S. Han and Y. C. Oh, "A Set of Standard Modeling Commands for the History-based Parametric Approach," Computer-Aided Design, Vol.35, pp.1171-1179, 2003.
- 34) D. H. Mun, B. Kim and S. Han, "A Hybrid Parametric Translator using the Feature Tree and the Macro File," Transactions of the SCCM Engineers, Vol.7, pp.240-247, 2002.
- 35) Elysium Inc.: CAD-Feature, <http://www.elysiuminc.com/prodinfo/cadfeatureinfo.html>
- 36) CAD/CAM-E Inc.: Data Translation Products, <http://www.cadcam-e.com/dataconv.aspx>
- 37) M. Rezayat, "Knowledge-based Product Development using XML and KCs," Computer-Aided Design, Vol.32, pp.299-309, 2000.
- 38) J. Yang, S. Han, B. Kim and C. Park, "A Macro Parametric Data Representation for CAD Model Exchange using XML," Transactions of the KSME, Vol.12, No.12, pp.2061-2071, 2003.