

1. 서론

전통적으로 제조업에서 부서, 공정간 의사 소통은 도면을 매개로 이루어졌다. 조선해양산업에서도 CAD를 비롯한 정보 기술의 발달과 함께 도면의 전산화를 거쳐 3D 모델을 이용한 설계를 진행하고 있다. 지금까지의 설계단계 3D 모델은 도면 생성을 자동화하기 위한 수단이었다면, 앞으로는 3D 모델이 정보 공유를 위한 협업의 중심적인 역할을 할 것으로 기대된다. 이에 3D 모델을 공유하기 위한 기술적 요소 중 모델의 경량화 기술과 그 응용에 대해 알아보하고자 한다.

2. 프로세스 혁신과 3D 모델

조선해양 제품은 그 제품의 규모만큼이나 복잡한 설계, 생산, 관리 프로세스를 가지고 있다. 따라서 생산 효율성 증대를 위한 프로세스 혁신은 치열한 경쟁에서 살아남기 위한 조선업계의 화두가 되고 있다. 이러한 프로세스 혁신은 관련 프로세스간 협업(collaboration) 또는 데이터 공유(data sharing)의 핵심은 필요한 사람에게 효율적으로 데이터를 전달하는 것이며 [Barnes 2008], 수명주기에서 제품 정보의 효율적인 검색, 표현, 재사용을 필요로 한다 [McMahon 2005]. 국내 조선소에서 많은 비용을 들여 프로세스 혁신 프로그램을 구현하는 핵심적인 배경도 데이터를 보다 '효율적으로 공유' 하기 위한 것이다. 그러나 이러한 프로세스의 혁신이 데이터 공유를 저절로 가능하게 해주는 것은 아니다. 프로세스와 연결된 환경에서의 데이터 공유는 설계, 생산 단계에서 사용되는 CAD와 각종 legacy 프로그램의 연결, 전자자원관리시스템과의 인터페이스가 필연적으로 수반되며, 소프트웨어 툴의 비호환성, CAD 시스템의 최신 데이터 포맷의 미지원 문제 때문에 어려움을 겪게 된다. 자료에 따르면, 프로세스 관리 시스템 구현 비용의 33%가 협업 제품 정보 관리의 구현, 즉 데이터 공유와 관련된 문제의 구현에 쓰여진다 [Amann 2004]. 또한 데이터 공유 중에서도 3D 데이터의 확산, 즉 3D 모델 정보가 핵심 관심사가 되고 있다. 서로 다른 정보의 생성과 소비가 요구되는 프로세스간 협업을 위해서는, 3D 모델 정보가 빠르고 가볍게 공유될 수 있도록 모델 경량화 기술 개발이 필요하다.

3. 데이터 공유를 위한 경량 모델의 사용

제품 정보의 전달과 저장을 위한 통로로 3D 모델을 사용하는 것이 일반적인 환경이 되었으나, 관련 조직이 많아질수록 협업을 위해 어떤 포맷이나 방법을 채택할 것인지 결정하기가 어려워진다. 협업 조직간에 native CAD 파일을 공유하는 것이 항상 바람직한 것은 아니다.

Native CAD 모델은 크고, 복잡하고, 독점적인 포맷으로 되어 있어서 협업 환경에서 호환성(portability)와 확장성(scalability)에 많은 곤란을 겪는다. 특히, native CAD 모델에는 회사의 설계 표준과 지적 재산이 내재되어 있기 때문에, CAD 모델에 있는 정보를 보호하면서도 협업 조직에게 모델을 제공할 수 있는 안전한 시나리오가 필요하다. 이를 위해 STEP이나 IGES와 같은 표준 포맷을 선택할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 표준은 강건한 기하 표현으로 인해 많은 작업이 필요하고, 파일 크기가 크다는 문제를 안고 있다 [Hartman 2009]. 현재의 해법은 협업을 위해 경량 파일 포맷(lightweight file format)을 사용하는 것에 초점을 맞추고 있다. 많은 회사들이 엔지니어링 설계 영역에서뿐만 아니라 조직 내외부와 커뮤니케이션 하는 부분에서 경량 모델(lightweight model)을 채택하기 시작했다. 경량 파일 포맷은 Native CAD의 수학적 overhead 없이도 설계 정보를 전달할 수 있도록 개발된 포맷으로, CAD-to-CAD 변환에서 항상 부딪히는 문제인 토폴로지 재구성, 허용 오차, trimmed surface의 trimming boundary의 정확한 전달과 같은 문제에서 자유롭다. 경량 파일 포맷은 3D 제품 모델을 빠르게 가시화하는 것을 목적으로 한다. 모델 정보는 가시화 정보와 기하 정보로 구성된다. 가시화 정보는 계층구조를 가지는 폴리곤 메시와 폴리라인으로 구성되고 기하 정보는 형상의 정확한 정의를 포함한다. 프로세스의 모든 단계에서 모든 제품 데이터를 필요로 하지는 않기 때문에 나중 단계에 사용하기 위해서 설계 모델에서 단순한 형태(simplified view) 정보를 추출하는 것이 유용하다. 경량 파일 포맷은 유지보수하기에 쉬운 간단한 포맷으로 되어있고, 경량 파일 포맷은 특정한 요구에 필요한 핵심 정보만을 담을 수 있다. 파일은 네트워크에서의 빠른 전달을 위해 압축된다.

경량 모델의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 파일 크기가 작다.
- 2) 응용 프로그램에 독립적이다.
- 3) 점진적인 스트리밍이 가능하다.
- 4) 빠른 디스플레이를 위한 다중 LOD(level of detail) 지원이 가능하다.

기존의 IGES나 STEP과 같은 제품 모델에 대한 표준 포맷과 경량 파일 포맷은 CAD 엔지니어링 모델의 지속 가능한 표현(representation) 측면에서 차이가 있다. STEP, IGES는 이종 CAD 간의 데이터 교환이나 장기 데이터 보관에 초점을 두고, 경량 파일 포맷은 프로세스 관리 환경에서 CAD에 독립적인 형상 정보의 표현(가시화, 비즈니스 모델)에 초점을 둔다.

4. 주요 경량 파일 포맷

주요 경량 파일 포맷의 특징을 기하표현, 메타 데이터, 보안, 파일 크기, 사용 소프트웨어 측면으로 표 1에 정리하였다. 이외의 다른 경량 파일 포맷으로 PML XML, X3D, XGL/ZGL이 있다.

표 1. 주요 경량 파일 포맷의 특징[Ball 07, Ding 07]

포맷	특징
U3D	기하 표현 : 삼각망, NURBS 곡면 메타 데이터 : 임의 Key/Value 쌍 보안 : 데이터 근사 파일 크기 : Reference-instance, 압축 사용 소프트웨어 : Adobe PDF
JT	기하 표현 : 폴리곤 메쉬, B-Rep 메타 데이터 : 임의 데이터 보안 : 데이터 근사 파일 크기 : Reference-instance, 압축 사용 소프트웨어 : Siemens 제품군(NX, TeamCenter)
HSF	기하 표현 : 폴리곤 메쉬, NURBS 곡면 메타 데이터 : 임의 데이터 보안 : 데이터 근사 파일 크기 : 데이터 압축, 스트리밍 사용 소프트웨어 : Autodesk 제품군, 다쏘 제품군, PTC 제품군
3D XML	기하 표현 : 폴리곤 메쉬, Exact 곡면 메타 데이터 : 없음 보안 : 데이터 근사 파일 크기 : Reference-instance, 압축 사용 소프트웨어 : 다쏘 제품군

5. 제품 표현에 대한 요구 조건과 경량 모델 표현

지금까지 엔지니어링 소프트웨어는 '종이 기반 워크플로우(paper-based workflow)'를 지원하는데 사용되었다. CAD 시스템은 가상 설계 모델을 만들고, 그로부터 도면과 설계 문서가 생성되었다. 특히 조선 분야에서 이러한 현실은 여전히 유효하다. 그러나, 현재의 디지털 환경은 이종 시스템이 사용되는 CAD, CAE, CAM, CRM, ERP, SCM의 전문분야에 걸쳐 정보가 교환되는 것을 필요로 한다[Patel 2008].

제품수명주기의 각 단계에 있는 작업자들이 요구하는 정보와 모델 표현은 서로 다르다. 즉, 제품에 대한 여러 시각이 존재한다. 예를 들어, 조선소에서 생산 엔지니어는 조립 순서 및 조립 제약 정보, 용접 정보, 도장 정보에만 관심이 있다. 구매 관계자는 사내/사외 생산 여부, 납품 일정에 관심이 있다. 품질검사 관계자는 검사 이력, 설계 및 생산 오작 조치 이력, 선주/선급의 코멘트 조치 이력에 관심이 있다. 곧, 하나의 모델이 제품수명주기의 각 단계에서 그 단계에서만 관심 있는 정보와 연결되어야 한다. 이러한 환경에서는 각 부분의 사람들이 서로 커뮤니케이션 할 수 있는 모델에 대한 일관된 표현이 존재해야 한다. 경량 모델은 다른 부분의 사람들이 커뮤니케이션 할 수 있는 일관된 모델 표현의 가시화를 가능하게 한다.

협업을 위한 제품 데이터 표현에 요구되는 기능은 다음과 같다[Patel 2008]:

- 1) 플랫폼/응용 프로그램에 독립적이어야 한다.
- 2) 전 수명 주기 동안 사용 가능해야 한다.
- 3) 협업 조직 간에 빠르게 공유될 수 있어야 한다.
- 4) 상업적으로 민감한 정보의 보호가 가능해야 한다.
- 5) 목적 별 모델 표현(view-point specific representation)이 가능해야 한다.
- 6) 다운스트림 프로세스로부터의 피드백이 가능해야 한다.

6. 경량 모델을 이용한 응용 시스템

6.1 경량 모델 프레임워크

경량 모델 프레임워크의 개념도는 그림 1과 같다. CAD 시스템에서 모델 정보와 속성 정보를 추출하여 경량 모델 DB를 생성한다. 경량 모델 DB는 'Update Monitor'에 의해 CAD 모델에 리비전이 발생할 때마다 갱신된다. 경량 모델 툴킷은 경량 모델 DB를 이용하여 응용 시스템을 개발할 수 있는 인터페이스를 제공한다.

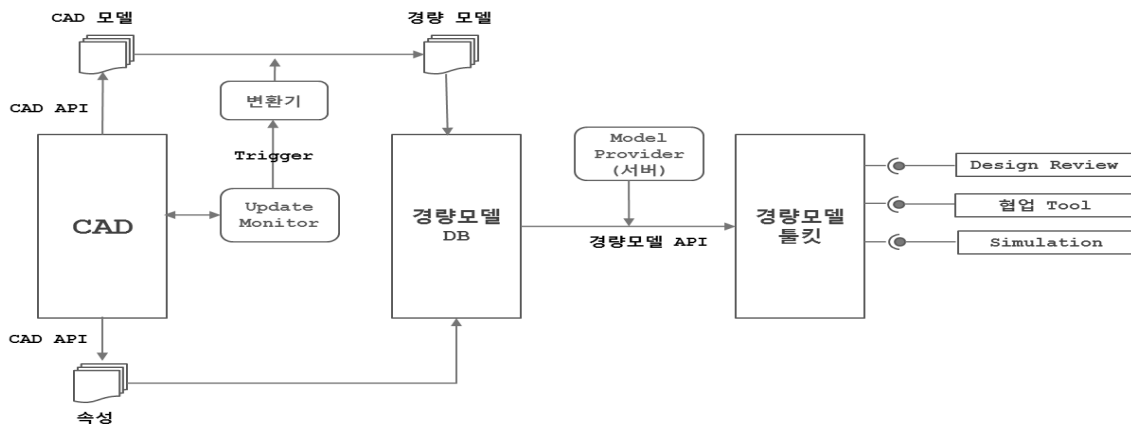


그림 1. 경량 모델 프레임워크의 개념도

6.2 디자인 리뷰 시스템

3D 모델의 대표적인 활용 영역은 설계 모델의 디자인 리뷰, 부재 간섭 검사, 탑재 간섭 검사 등이다. 이러한 시스템의 공통점은 CAD 시스템에서 추출한 모델 데이터 및 부재 속성 정보로부터 정확한 가시화 모델을 생성하는 것이다. CAD 시스템의 폐쇄적인 모델 데이터 인터페이스 환경으로 인해, 모델 데이터를 추출하고 가시화 모델을 생성하는 여러 방법들이 구현되고 공존해왔다. 중복 개발에 따른 비용을 줄이고 3D 모델 사용의 확산을 위해, 설계 모델을 설계 정보를 포함하는 CAD 모델과 가시화 정보를 기반으로 하는 경량 모델로 이원화하여 관리할 필요성이 있다.

경량 모델을 기반으로 한 모델 리뷰 시스템에 요구되는 기능은 다음과 같다.

- 1) 공종별 모델 단위 구분 및 가시화
 - 설계 블록, 생산 블록, 탑재 블록, 의장 모듈, 배관 시스템
- 2) Mark up 추가,
- 3) 간섭 검사,
- 4) 단면 보기
- 5) 탑재 간섭
- 6) 3D 모델 interactive 가시화
- 7) 대용량 모델 가시화
- 8) 커스터마이징 지원

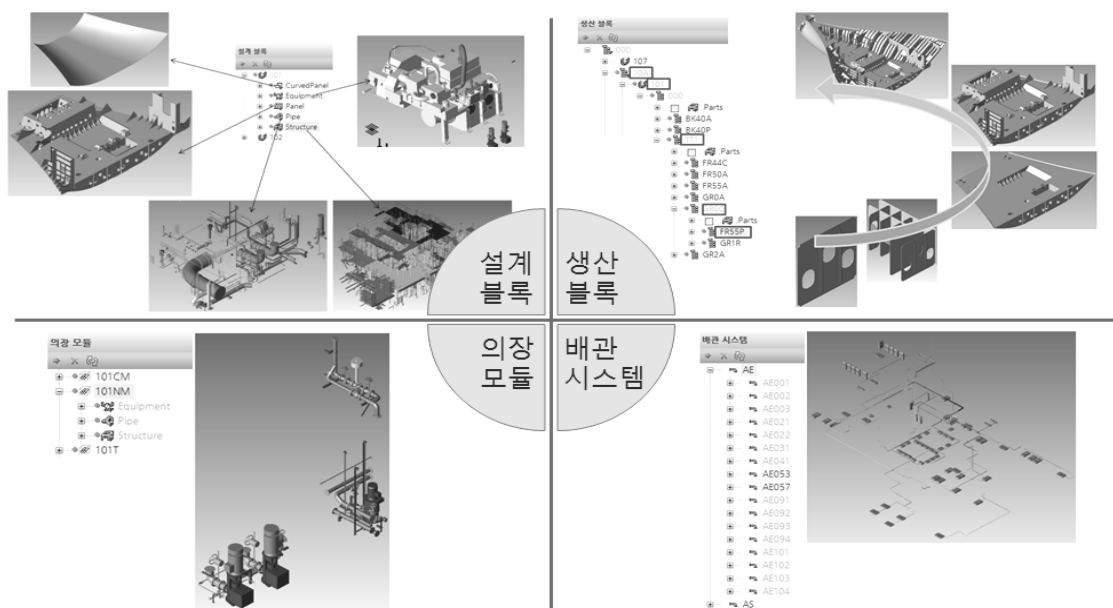


그림 2. 경량 모델을 기반으로 한 모델 리뷰 시스템의 공종별 모델 단위 구분 및 가시화

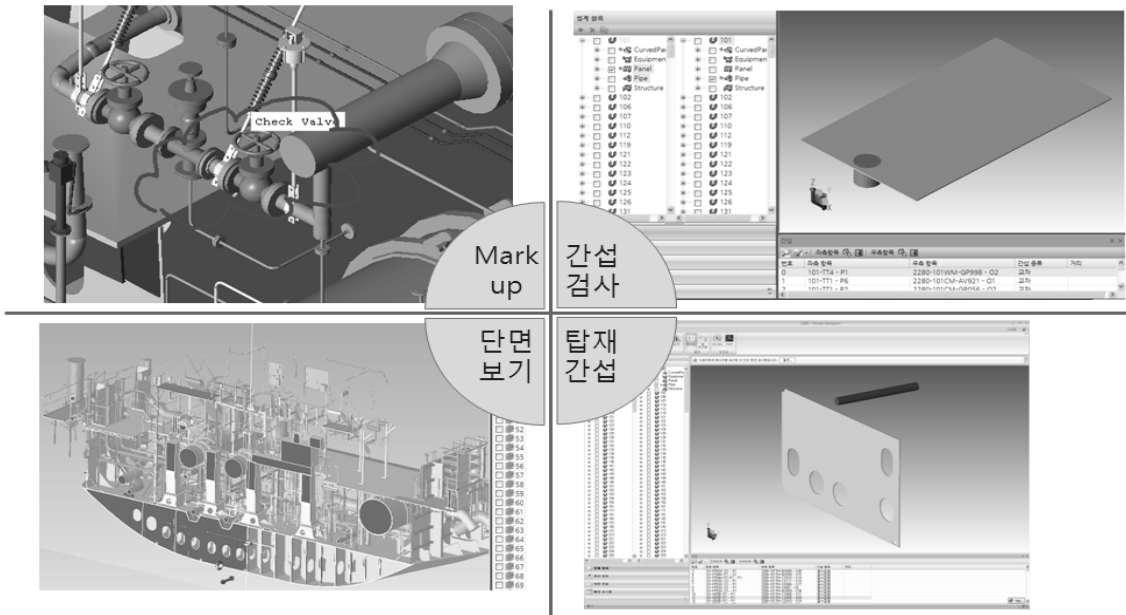


그림 3. 경량 모델을 기반으로 한 모델 리뷰 시스템의 응용 기능

Mark up 추가 기능을 위해서는 모델 정보에 직접 추가하는 내부 주석(inline) 보다는 마크업 정보가 별개로 저장되고 링크를 통해 모델과 연결하는 '참조 주석(stand-off)' 기술이 선호된다. 참조 주석의 특징은 다음과 같다.

- 1) 제품 표현을 수정하지 않고도 메타데이터를 계속적으로 추가할 수 있다.
- 2) CAD 모델이 각 사용자와 목적을 고려하여 처음부터 모든 정보를 담을 수 있도록 설계, 구현될 필요가 없다.
- 3) 상황에 맞는 정보만을 추출하여 다층 구조의 주석(multi-layered annotation) 형태로 주석 정보를 제공할 수 있다.
- 4) 주석정보의 재사용을 통해 다운스트림 프로세스가 CAD 모델과 독립적이다.
- 5) 주석정보가 CAD와 독립적이므로 모델이 다르더라도 동일한 주석정보를 사용할 수 있다.

6.3 해양 모듈 탑재 간섭 시뮬레이션 시스템

국내 주요 조선소에서 건조되는 해양 프로젝트의 경우, 그 복잡성과 함께 신조 프로젝트가 많은 이유로 해양 모듈 탑재의 생산 전 시뮬레이션이 갈수록 중요해지고 있다. 해상 크레인을 이용하여 탑재되는 해양 모듈의 경우, 탑재시 발생할 수 있는 간섭을 미리 검사하기 위하여 약 50여 개의 생산블록을 다루어야 한다. 문제는 50 여 개의 생산 블록을 가시화하여

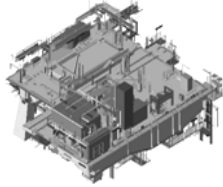
간섭 검사를 할 수 있는 CAD 시스템은 존재하지 않는다는 것이다. 대용량 모델의 가시화 및 간섭 검사를 위해서는 경량 모델의 사용이 필수적이다. 그림 4는 경량 모델을 활용한 탑재 간섭 시뮬레이션을 보여준다.

6.4 도장 면적 계산 시스템

도장 면적 계산은 기하적으로는 선박 블록이나 모듈을 몇 개의 영역으로 분할하고, 각 영역에 포함된 의장품의 표면적을 계산하는 문제이다. 이 과정은 기하적으로는 블록 모델과 영역 모델의 불리언 오퍼레이션을 포함한다. 불리언 오퍼레이션은 형상모델링 커널이 제공하는 기본 기능이지만, 이를 위해서는 블록 모델을 사용하는 형상모델링 커널의 모델로 변환해야 한다. 모든 형상모델링 커널은 3D 모델을 B-Rep 방식의 솔리드 모델로 표현한다. 문제는 해양 모듈과 같이 많은 의장품이 포함된 블록을 B-Rep 방식의 솔리드 모델로 표현하면 많은 메모리 용량이 필요하다는 것이다.

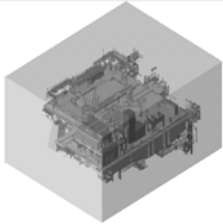
경량 모델을 다양체(manifold) 모델로 생성하면, 경량 모델에 대해 불리언 오퍼레이션을 수행할 수 있다. 곧, 경량 모델을 이용하여 대용량 모델의 임의 영역에 대한 도장 면적을 계산할 수 있다. 그림 5은 도장 면적 계산을 위하여 경량 모델에 대해 불리언 오퍼레이션을 수행한 예이다. DSME에서는 경량 모델을 이용한 새로운 도장 면적 시스템을 개발 중이다.

Step 1. 탑재 모듈 로딩



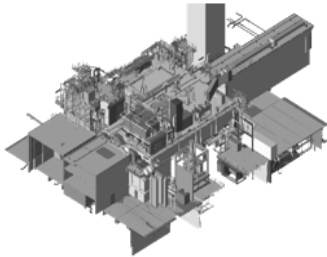
- 단순화 모델
- 모델 Filtering

Step 2. 경계 영역 계산

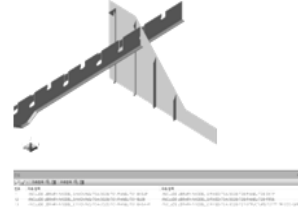


- 경계 수정 가능

Step 3. 주변 모듈 로딩



Step 4. 정적 간섭 계산



Step 5. 탑재 모듈 이동 경로 정의



Step 6. 동적 간섭 계산

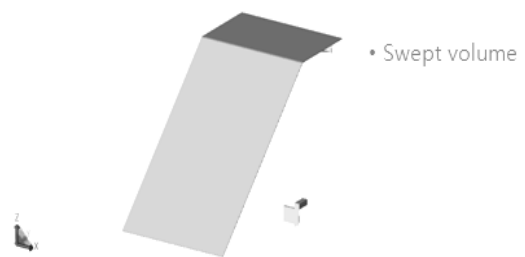
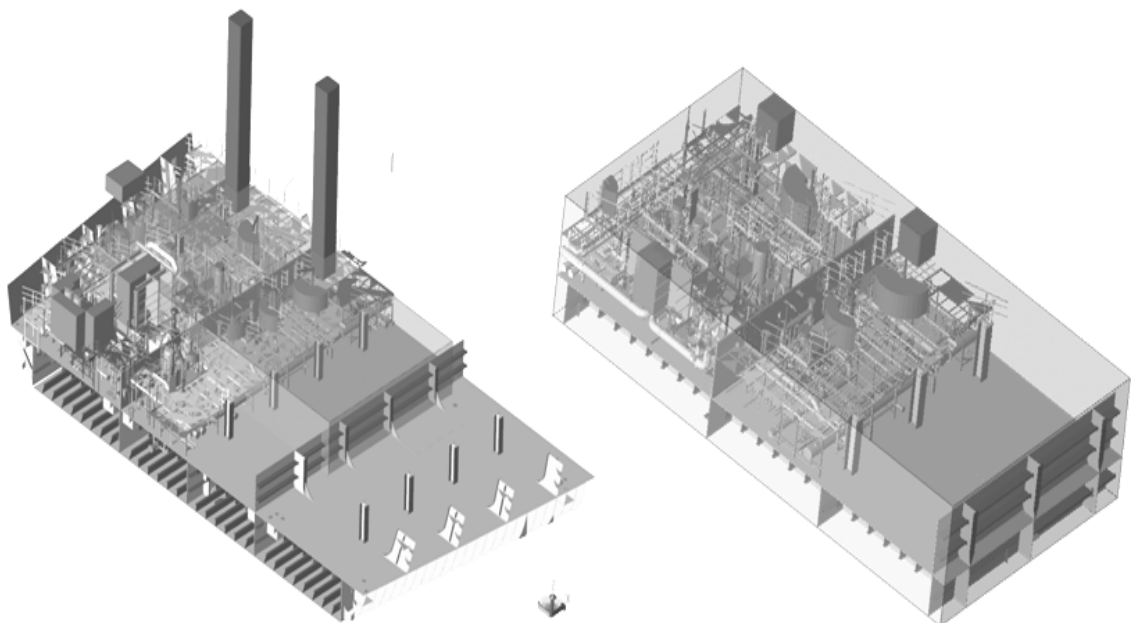


그림 4. 경량 모델을 활용한 탑재 간섭 시뮬레이션



(a) 도장 면적 계산을 위한 영역 지정

(b) 불리언 오퍼레이션 결과

그림 5. 도장 면적 계산을 위한 경량 모델의 불리언 오퍼레이션

7. 결론 및 향후 연구

프로세스가 복잡하게 얽혀있는 조직에서 커뮤니케이션과 협업을 위해 어떤 포맷이나 방법을 채택할 것인지 결정하는 것은 중요한 문제이다. Native CAD 모델은 크고, 복잡하고, 독점적인 포맷으로 되어 있어서 협업 환경에 적합하지 않기 때문에 경량 포맷이 가능한 해법으로 관심을 받고 있다. 경량 파일 포맷은 유지보수하기에 쉬운 간단한 포맷으로 되어있고, 특정한 목적에 필요한 핵심 정보만을 담을 수 있다. 이러한 이유로 많은 회사들이 엔지니어링 설계 영역에서뿐만이 아니라 조직 내외부와 커뮤니케이션하는 부분에서 경량 모델의 활용이 본격화 될 것이다. 프로세스 혁신을 추구하기 위해서는 3D 모델 데이터를 제품수명주기 동안에 활용할 수 있는 모델 경량화에 대한 기초 연구와 응용에 대한 지속적인 개발이 필요할 것이다.

참고 문헌

- Amann K., 2004, "PDM to PLM: evolving to the future", COE Newsnet.
- Ball A., Ding L., and Patel M., 2007, "Lightweight formats for product model data exchange and preservation", PV 2007 Conference, Germany.
- Barnes B., 2008, "How using ultra-lightweight 3D data effectively improves design and manufacturing in a digital prototyping process", ConnectPress.
- DEXIGNER, 2007, "Acrobat 3D software to accelerate design collaboration processes at Renault", Retrieved Aug. 19, 2011 from <http://www.dexigner.com/news/10553>.
- Ding L., Ball A., 2007, "Product representation in lightweight formats in product lifecycle management(PLM)", 4th International Conference on Digital Enterprise Technology, UK.

- Hartman N. W., 2009, "Evaluating lightweight 3D graphics formats for product visualization and data exchange", Journal of Applied Science & Engineering Technology, Vol 3, 39-46.
- Patel M., Ball A., and Ding L., 2008, "Curation and preservation of CAD engineering models in product lifecycle management", Conference on Virtual Systems and MultiMedia, Cyprus.



천 상욱

- 1970년생
- 2008년 KAIST 기계공학 박사
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구소 정보기술팀
- 관심분야 : Ship CAD, Freehand sketch-based modeling, Geometric modeling
- 연락처 : 055-680-7550
- E-mail : csu@dsme.co.kr



박 광 필

- 1974년생
- 2011년 서울대학교 조선공학 박사
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구소 정보기술팀
- 관심분야 : Modeling & Simulation, IT Convergence
- 연락처 : 02-2129-3776
- E-mail : kppark@dsme.co.kr



서 흥 원

- 1963년생
- 1992년 부산대학교 조선공학 석사
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구소 정보기술팀장
- 관심분야 : CAD, CAM, PLM
- 연락처 : 055-680-7591
- E-mail : hwsuh@dsme.co.kr