

## 조선 PLM 환경에서 경량 CAD 모델에 대한 요구사항 분석 및 적용 사례

천상욱<sup>†</sup> · 이지훈 · 박광필 · 서흥원  
대우조선해양(주) 정보기술팀

### Requirement Analysis on Lightweight CAD Models in Ship PLM Environment and Its Application Examples

Sanguk Cheon<sup>†</sup>, Ji-Hoon Lee, Kwang-Phil Park, and Heung-Won Suh

Information Technology Team, DSME

Received 3 April 2013; received in revised form 8 May 2013; accepted 12 May 2013

#### ABSTRACT

Introduction of PLM in domestic shipyards is being retarded as ship PLM has yet to firm up return of investment and process integration. To implement a ship PLM system, it is required to share ship CAD model data in various design and manufacturing environments. Lightweight CAD models provide a promising solution for sharing CAD models in the product life cycle, which can expedite implementation of ship PLM in domestic shipyards in the near future. Compared to proprietary CAD models, it is easy for lightweight CAD models to be interfaced with various application systems and be connected to manufacturing information. In this paper, the reason why lightweight CAD models are necessary to implement a ship PLM system is addressed and current implementation results are introduced.

**Key Words:** Lightweight model, PLM, Shipbuilding, Ship CAD

## 1. 서 론

PLM(Product Lifecycle Management) 구축은 국내 조선업계의 오랜 관심사이다. 현장에서는 PLM의 정의는 물론이고, PLM 구축 방법에 대해서도 여러 의견이 존재한다. 일반적으로 받아들여지는 것처럼 상용 PLM을 이용하여 전사적으로 프로세스 및 시스템을 통합하는 것을 협의의 PLM이라고 한다면, 국내 주요 조선소에는 독립적인 단위 시스템 및 느슨하게 연결된 시스템들로 이루어진

광의의 PLM 또는 PLM의 구성 요소가 이미 존재한다고 할 수 있다. PLM 구축의 첫 단계는 이렇게 독립적으로 존재하거나 느슨하게 연결된 여러 단위 시스템을 하나의 플랫폼으로 통합하는 것이 될 것이다. 하나의 플랫폼으로 통합할 때, 고려되어야 할 것 중의 하나는 CAD 데이터의 공유이다.

PLM 구축을 지연시키는 현실적인 요인은 정책 결정자의 전략적 판단의 문제, 동반되는 프로세스 혁신에 대한 부담, 당면한 문제가 얼마나 해결될지에 대한 의구심, 많은 비용 등과 같이 다양하다. 이렇게 전략적인 판단에 의한 PLM 구축이 어려운 상황에서, 경량 CAD 모델을 활용한 CAD 데이터 공유가 PLM 구축을 촉발하는 대개체가 될

<sup>†</sup>Corresponding Author, [su.cheon@gmail.com](mailto:su.cheon@gmail.com)  
©2013 Society of CAD/CAM Engineers

수 있다. 즉 경량 CAD 모델이 여러 상이한 프로세스에 활용되면서, 프로세스가 연결되고 이를 관리하기 위한 시스템이 구축되는 식의 시나리오가 가능하다. 이러한 맥락에서 본 논문에서는 PLM 환경에서 CAD 데이터의 공유를 위해 왜 경량 CAD 모델이 필요한지를 기술하고, 경량 CAD 모델을 활용한 개발 사례를 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 경량 CAD 모델에 대한 기존 연구를 소개하고, 3장에서 PLM 환경에서 경량 CAD 모델의 필요성에 대해 기술한다. 4장에서 조선 산업에서 대용량 CAD 모델 가시화를 위한 경량 CAD 모델 뷰어의 중요성 및 실험 결과를 소개한다. 5장에서 경량 CAD 모델을 이용한 응용 시스템 개발 사례를 소개하고, 6장에서 결어를 제시한다.

## 2. 관련 연구

경량 CAD 모델에 대한 기존 연구는 여러 경량 CAD 모델 포맷을 비교하고, PLM 환경에서 경량 CAD 모델이 가져야 할 특징을 제안하였다.

Ball 등<sup>[1]</sup>은 경량 CAD 모델에서 고려해야 할 특징으로, 모델 정확도, 메타데이터 지원, 보안, 파일 크기, 소프트웨어 지원, 개방성을 나열하고, 이들 6개 특징을 기준으로 주요 경량 CAD 모델 포맷을 비교하였다. Ding 등<sup>[2]</sup>은 주요 경량 CAD 모델 포맷에 대해 압축 방법, 개발사, 지원툴, 응용프로그램, 특징을 비교하였다. 또한, 사용자에게 따라 모델의 복잡성이 다르게 보여지게 하는 것, 제품수명주기 동안의 특정 단계에 맞는 정보를 포함시키는 것, 사용자에게 따라 다른 보안등급을 적용하고 모델이 보여지게 하는 것이 필요하다고 언급했다. 이는 현재 일반 CAD 모델이 안고 있는 문제점이기도 하다. Hartman 등<sup>[3,4]</sup>은 경량 CAD 모델 포맷과 STEP과 같은 표준 포맷의 사용에 대한 산업계에서의 혼동을 지적하고, CAx Implementor Forum 웹사이트에 있는 모델을 이용하여 3D XML, JT, U3D으로 표현된 모델과 STEP AP203으로 표현된 모델을 비교하였다. 각각에 대해 가시화 결과, 특징형상(Form Feature) 정보 유무, 생성 이력 유무, 재질 정보 유무, 체적/면적/무게중심, 2D 도면 표현, 수치 및 허용오차 정보 표현을 STEP AP203과 비교하였다. Hartman 등<sup>[3]</sup>은 주어진 조건에서 가장 적절한 경량 CAD 모델 포맷을 선택하기 위해

사용될 수 있는 체크리스트를 제안하였다. 체크리스트는 개방성, 확장성, 접근성, 호환성, 보안에 관련된 21개 항목을 포함한다. Patel 등<sup>[5]</sup>은 PLM 관점에서 모델을 장기 보관하기 위한 목적으로 경량 CAD 모델을 비교하였다.

경량 CAD 모델은 산업계뿐만 아니라 문화 분야에서도 활용되고 있다. 일본 산업계는 작업지시서 작성, 설계자와 엔지니어간의 정보 공유, 디자인 검증, 공급자와의 정보 공유를 위해 자동차, 전자, 정밀 산업에서 경량 CAD 모델을 사용하고 있다. 일본 회사들은 주로 일본에서 개발된 경량 CAD 모델 포맷인 XVL을 사용하는데, Toyota는 개발 회의, 매뉴얼 작성에, Nikon은 디자인 리뷰에, Yamagata Casio는 조립 명세서 작성 및 금형 제작 관리에 적용하고 있다<sup>[6]</sup>. 프랑스의 Renault 자동차는 공급망에서의 설계 협업을 위해 경량 CAD 모델 포맷 중의 하나인 3D PDF 모델을 활용하고 있다. 다양한 포맷의 CAD 모델을 3D PDF 모델로 변환하고 PDF 문서에 삽입한 후 PDF 문서를 공유함으로써 CAD 시스템이 없어도 사내의 다른 조직이나 사외 협력사와 설계정보를 공유하고 있다<sup>[7]</sup>. 영국의 디지털 큐레이션 센터(Digital Curation Centre) 및 유럽 CASPAR 프로젝트는 문화, 예술, 과학 분야의 사물들을 경량 CAD 모델로 저장하였다<sup>[2]</sup>.

경량 CAD 모델이 가져야 할 특징이나 다른 표준과의 비교, 경량 CAD 모델을 선택하기 위한 기준을 제시한 기존의 연구 결과는 향후 경량 CAD 모델의 포맷이 갖추어야 할 조건에 대한 방향성을 제시한다. 본 논문에서는 왜 PLM 환경에서 경량 CAD 모델이 필요하며 중요한 요소인가를 설명하고, 현재 조선소에서 주로 대용량 CAD 모델을 대상으로 경량 CAD 모델이 어떻게 활용되고 있는가를 소개한다.

## 3. 조선 PLM 환경에서 데이터 공유를 위한 경량 CAD 모델의 필요성과 요구조건

### 3.1 프로세스 혁신과 데이터 공유의 관계

국내 주요 조선소에서는 해양 프로젝트의 비율이 점점 커짐에 따라 대용량 CAD 데이터와 복잡한 프로세스를 단순하게 관리해야 할 필요성이 그 어느 때보다 크다. 설계/생산 데이터의 관점에서

프로세스 혁신은 데이터의 공유에 대한 문제로 환원된다. 프로세스 혁신은 필연적으로 여러 관련 프로세스의 근본적인 변화를 수반하기 때문에, 데이터 공유의 문제를 동반한다. PLM을 구축하는 이유 중 하나는 제품 설계를 보다 효율적으로 공유할 수 있을 것이라는 기대 때문이다. 이러한 생각은 PLM이 제품 데이터 커뮤니케이션을 촉진시키는 방식으로 데이터를 공유한다는 가정에 기반한 것이다. 그러나, PLM이 데이터 공유를 저절로 가능하게 해주는 것은 아니다. PLM 환경에서의 데이터 공유는 CAD와 PLM의 연결, PLM에 통합된 여러 소프트웨어 툴의 비호환성, 다양한 생산 분야에서 설계 데이터를 공유하는 문제 때문에 어려움을 겪게 된다. PLM의 구현에서 3D 모델 정보의 공유는 필수적이고, 3D 모델 정보의 공유를 위해서는 네이티브 CAD(Native CAD) 모델보다 경량 CAD 모델을 활용하는 것이 생애주기에서 모델 정보를 공유하기에 유리하다. 경량 CAD 모델은 비싸고 무거운 CAD 시스템 없이 다양한 환경에서 모델을 가시화할 수 있는 기반을 제공하기 때문이다.

### 3.2 데이터 공유에 경량 CAD 모델이 유리한 이유

데이터 공유의 핵심은 필요한 사람에게 효율적으로 데이터를 전달하는 것이다. 조선소와 같이 설계와 생산에 관련된 조직이 많아질수록 데이터 공유를 위해 어떤 포맷이나 방법을 채택할 것인지 결정하기가 어려워진다. 다른 조직간에 네이티브 CAD 파일을 공유하는 것은 바람직하지 않다. 모델이 복잡하고 크기가 클 경우 CAD 시스템이 제공하는 포맷을 사용해서는 협업 환경에서 호환성과 확장성에 많은 곤란을 겪기 때문이다. 특히, 네이티브 CAD 모델에는 회사의 설계 표준과 지적 재산이 내재되어 있기 때문에, CAD 모델에 있는 정보를 보호하면서도 데이터를 공유할 수 있는 안전한 방법이 필요하다. 이를 위해 STEP이나 IGES와 같은 표준 포맷을 선택할 수 있지만, 이러한 표준은 강건한 기하 표현으로 인해 많은 작업이 필요하고, 파일 크기가 크다는 문제를 안고 있다<sup>[4]</sup>.

경량 파일 포맷은 네이티브 CAD의 구속 조건이 있는 기하 표현, 특징 형상 정보, 설계 이력 없이 설계 정보를 전달할 수 있도록 개발된 포맷으로, CAD-CAD 변환에서 발생하는 문제인 토폴로

지 재구성, 허용 오차, 트림 곡면의 트림 경계 곡선의 정확한 전달, 모델 관계 구조(Relationship) 재구성, 카탈로그 변환과 같은 문제에서 자유롭다. 또한, 설계 표준이나 설계 의도가 포함되지 않기 때문에 협력업체와 모델 정보를 공유할 때 네이티브 CAD 모델보다 안전하다.

3D CAD 모델 공유의 기본은 모든 환경에서 가시화가 가능한 것이다. 이는 경량 CAD 모델의 가장 기본적인 목적인 3D 모델을 쉽고 빠르게 가시화하는 것과 일치한다. Song 등<sup>[8]</sup>이 제안한 경량 CAD 모델 구조와 같이 삼각망으로 된 기하 정보와 토폴로지가 하나의 구조에 담긴 포맷도 있지만, 그 외 모든 상용 포맷은 토폴로지가 없는 폴리곤 집합 또는 토폴로지가 있는 경계표현(B-Rep)을 구분하여 모델을 정의한다. 조선소에서의 개발 사례를 볼 때, 경계표현 방식으로 모델을 정의하는 것은 경량 CAD 모델을 다시 CAD 시스템에서 읽어서 추가적인 작업을 할 경우에만 필요하다. 곧, 조선 산업에서는 기하 정보가 폴리곤 집합으로 이루어진 간단한 경량 CAD 모델로도 충분하다. 이러한 간단한 경량 CAD 모델의 장점은 1) 모델 정보를 다루기 쉽고, 2) 쉽게 다양한 응용 프로그램에 포함시킬 수 있고, 3) 파일 크기가 작고, 4) 점진적인 스트리밍이 가능하고, 5) 빠른 디스플레이를 위한 다중 LOD 지원이 가능하다는 것이다. 특히, 모델 정보를 다루기 쉽고, 쉽게 다양한 응용 프로그램에 포함시킬 수 있기 때문에 PLM 환경에서의 데이터 공유에서 중요한 호환성과 확장성이 보장된다.

### 3.3 조선 PLM 환경에서 경량 CAD 모델이 가져야 할 요구조건

데이터 공유를 위해 경량 CAD 모델을 사용할 때, 제품수명주기의 다른 단계에 있는 사람들은 다른 정보와 모델 표현을 필요로 하는 것을 고려해야 한다. 조선소를 예로 들면, 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 정보로 표현되어야 한다.

곧, 다양한 프로세스를 지원하기 위해서 목적 별

모델 표현(Viewpoint Specific Representation)이 가능해야 하고, 외부 정보와 연결이 쉬워야 한다. 예를 들면, 목적 별 모델 표현은 생산 엔지니어가 보는 모델 구조와 구매 관계자가 보는 모델 구조를 다르게 표현하는 것을 가능하게 한다. 하나의 모델 구조를 응용 프로그램이 해석하여 다르게 표현하는 대신, 모델 자체에 모델 구조가 다르게 구성될 수 있는 정보를 포함시키는 것이다. 외부 정보와의 연결을 위해서 현재는 별개의 XML 파일을 이용하여 응용 프로그램이 경량 CAD 모델과 외부 정보를 연결시켜야 한다. 목적 별 모델 표현과 외부 정보와의 연결은 경량 CAD 모델 포맷에서 지원되는 것이 바람직하다. 이는 기존의 상용 경량 CAD 모델에 기반하여 향후 조선 전용 경량 CAD 모델이 개발될 때 고려해야 할 부분이다.

#### 4. 대용량 모델 가시화를 위한 경량 CAD 모델 뷰어 성능의 중요성

다른 산업과 다르게 조선 PLM 환경에서 경량 CAD 모델이 가져야 할 중요한 특징이 있다. 대용량 모델의 가시화와 간섭 검사이다. 여기서 대용량 모델은 작게는 블록 10개 정도로 이루어진 모듈부터 크게는 배 전체를 포함하는 모델을 의미한다. 대용량 모델 가시화는 선주 또는 엔지니어링 회사와의 디자인 리뷰 및 해양 모듈 탑재 시뮬레이션을 위해 필요하다. 예를 들어, FPSO와 같은 해양 프로젝트를 건조할 때, 해양 모듈 탑재 시뮬레이션을 통해 해상 크레인으로 1개 모듈을 들어 올려서 탑재할 때, 이미 탑재된 다른 모듈들과 간섭이 발생하는가를 검사한다. 보통 1개의 해양 모듈이 10개 정도의 블록으로 구성되기 때문에, 전체적으로는 50여 개의 블록을 가시화하고 간섭 검사를 수행해야 한다. 한편, 배 전체를 가시화하는 전선 가시화에서는 상선은 200여 개, 해양은 500여 개의 블록을 가시화해야 한다.

어느 경량 CAD 모델 포맷을 사용하던지 대용량 모델을 경량 CAD 모델로 표현하는 것은 문제가 되지 않는다. 문제는 가시화 성능이다. 언급할 만한 사실은 네이티브 CAD 모델을 경량 CAD 모델로 변환했을 때의 파일 크기 즉 압축률은 가시화 성능과 무관하다는 것이다. 곧, 어떤 경량 CAD 모델 포맷의 압축률은 1/10이고 다른 것의 압축률이 1/100일 때, 후자의 가시화 성능이 좋다고 할

수 없다. 파일 크기보다 메모리에 로딩했을 때의 크기가 중요하지만, 경량 CAD 파일 포맷을 비교할 때 이러한 점이 간과된다. 한편, 간섭 검사 알고리즘은 가시화 알고리즘과 관계가 작지만, 가시화가 되지 않으면 간섭 검사를 할 수 없고, 가시화가 느리면 그만큼 간섭 검사에도 시간이 많이 걸리기 때문에 간섭 검사 성능은 가시화 성능에 의존적이다.

본 연구에서는 대용량 모델 가시화와 간섭 검사의 관점에서 4개의 경량 CAD 모델 포맷인 NWD, JT, HSF, VDS를 테스트하였다. NWD, JT, HSF, VDS는 각각 NavisWorks<sup>[9]</sup>, Siemens<sup>[10]</sup>, Tech Soft 3D<sup>[11]</sup>, Right Hemisphere<sup>[12]</sup>의 경량 CAD 모델 포맷이다. Fig. 1은 선박의 52개 블록을 대상으로 NWD와 JT의 가시화 성능 테스트 결과이다. (a)는 NWD 뷰어에서 가시화한 결과이고, (b)와 (c)는 각각 JT 뷰어에서 가시화한 결과이다. (b)는 모델 구조 단순화 및 뷰어의 성능을 개선하기 전 결과이고, (c)는 개선 후 결과이다. Table 1은 NWD와 JT의 간섭 검사 테스트 결과이다. 2개 블록의 경우, 블록 1개와 다른 블록 1개 간의 파트 단위의 간섭

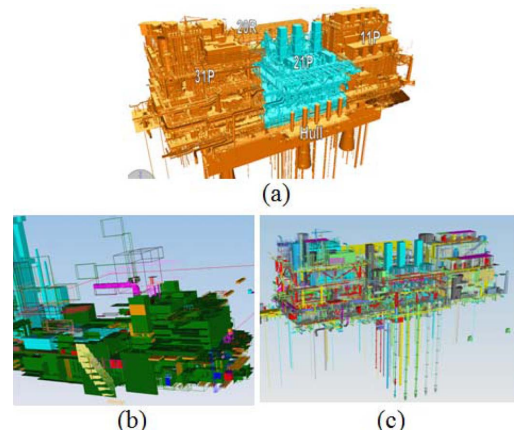


Fig. 1 Performance comparison of lightweight CAD model viewers - visualization

Table 1 Performance comparison of lightweight CAD model viewers - interference detection

Number of Block	NWD Viewer	JT Viewer (before enhancement)	JT Viewer (after enhancement)
2	15 sec	64 sec	23 sec
4	50 sec	142 sec	62 sec
6	80 sec	308 sec	144 sec

검사에 걸리는 시간을 나타낸다. NWD와 JT 파일은 각각 다른 방법으로 만들어졌지만, 동일한 입력 파일을 이용하여 유사한 방법으로 생성되었기 때문에 파일 정보, 곧, 모델의 구조와 형상 정보가 유사하다고 할 수 있다. HSF는 JT와 비교할 때, 가시화 결과는 유사하고 간섭 검사 결과는 조금 빠르게 나타났다. 특히, JT 파일을 JT 뷰어에서 가시화하는 것보다, JT 파일을 VDS 파일로 변환한 후 VDS 뷰어에서 가시화하는 것이 더 큰 모델을 더 빨리 가시화할 수 있었다. 또한, NWD 뷰어는 가시화 객체를 최소화하기 위해, 경량 CAD 모델 파일을 로딩할 때 모델 형상을 비교하여 같은 형상의 모델에 대해서는 가시화 객체를 따로 만들지 않고 동일한 가시화 객체를 참조하는 기능과 정해진 메모리 용량을 초과하면 하드디스크에 메모리를 스와핑(Swapping)하는 기능이 있어서 대용량 모델 가시화에 유리하다. 상기의 결과들은 선박과 같은 대용량 모델을 다룰 때는 경량 CAD 모델 포맷의 종류나 특성과 더불어 뷰어의 성능을 반드시 고려해야 한다는 것을 의미한다.

조선 PLM 환경에서 데이터 공유를 위해 여러 개의 경량 CAD 모델 포맷만이 사용될 수 있다. 조선업계는 최근 2D 도면을 3D 모델로 대체하여 생산도면의 수를 줄일 수 있는 무도면화(Drawingless) 또는 도면 최소화에 관심을 두고 있다. 무도면화의 구현을 위해 르노 자동차의 사례와 같이 3D PDF를 사용하는 것이 검토되고 있다. 3D PDF에서 3D 모델 가시화에 사용되는 포맷은 U3D 또는 PRC(ISO 14739-1)라는 경량 CAD 모델 포맷이다. 따라서, PLM 환경에서 데이터 공유를 위해 특정한 경량 CAD 모델 포맷을 선택했음지라도, 다른 응용 시스템을 위해서 경량 CAD 모델간의 변환이 필요할 수 있기 때문에 서로 다른 경량 CAD 모델 포맷간의 변환의 편의성도 고려되어야 한다. 그러나, 이러한 변환을 고려하더라도 조선소에서 경량 CAD 모델 포맷을 선택할 때 가장 먼저 고려해야 할 것은 뷰어의 대용량 모델 가시화 및 간섭 검사 성능이다.

## 5. 경량 CAD 모델을 이용한 응용 시스템 개발 사례

### 5.1 모바일 3D 모델 뷰어

**문제:** 데이터 공유를 위해서는 다양한 시스템에



Fig. 2 An Android-based mobile viewer

서 모델을 가시화할 수 있어야 한다. 최근 조선의 생산 분야에서 안드로이드 기반의 모바일 기기에서 2D 도면 대신 3D 생산 모델을 참조하려는 프로세스 혁신이 검토되고 있다. 현재 대부분의 선박 CAD 시스템은 안드로이드나 iOS에서 네이티브 CAD 모델을 가시화하는 솔루션을 제공하지 않는다.

**해결 사례:** 선박 CAD 시스템의 네이티브 CAD 모델을 안드로이드 기반의 모바일 기기에서 가시화하는 것보다 경량 CAD 모델을 가시화하는 것이 쉽다. Fig. 2는 최근 국내 D 조선소에서 개발된, 경량 CAD 모델 포맷 중의 하나인 JT 모델을 안드로이드 기기에서 가시화한 시스템의 예이다. 이는 경량 CAD 모델을 이용한 조선 PLM 환경에서의 데이터 공유에 대한 대표적인 예로써, 다양한 시스템 환경에서 모델이 쉽게 공유될 수 있음을 보여준다.

### 5.2 디자인 리뷰 시스템

**문제:** 엔지니어링 회사 또는 선주와 설계 모델을 검토할 때 필요한 선박 디자인 리뷰 시스템은 대용량 모델을 가시화해야 한다. 그러나, 상용 CAD 시스템은 블록 수십 개 정도의 대용량 모델을 가시화할 수 없다.

**해결 사례:** 선박 모델을 경량 CAD 모델을 변환하여 대용량 모델의 가시화가 가능하게 하고, 경량 CAD 모델 뷰어가 제공하는 기능을 이용하여 마크업 추가, 치수 측정, 단면 보기 지원, 간섭 검사와 같은 기능을 구현하였다. 경량 CAD 모델 뷰어를 커스터마이징함으로써 상용 디자인 리뷰 시스템을 사용할 때 지원되지 않는 공중별 모델 구분, 의장 모듈 단위의 가시화, 배관 시스템 단위의 가시화, 탑재 블록 구조 지원이 가능하도록 구현하였다. Fig. 3는 개발된 시스템의 예이다.



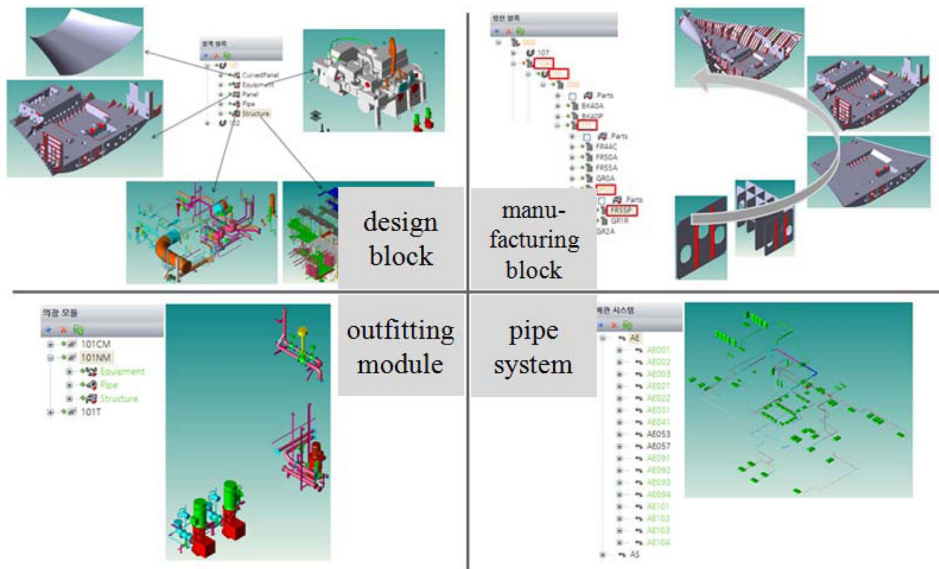


Fig. 3 A design review system for large models

5.3 해양 모듈 탑재 간섭 검사 시스템

**문제:** 해양 모듈 탑재 간섭을 위해서는 20~50여 개의 블록을 가시화하고, 동적 간섭 검사를 수행해야 한다. 네이티브 CAD 모델로는 가시화가 불가능하기 때문에 탑재 간섭 검사를 할 수 없다. 참고로, 탑재 간섭 검사는 작은 기능이지만 현장에 미치는 영향이 크다. 탑재 간섭 검사가 제대로 이루어지지 않았을 경우, 크레인이 블록을 들고 있

는 상태에서 간섭 부재를 잘라내야 하는 문제가 발생한다. 크레인은 조선소의 귀중한 자원으로 이러한 시간 지연은 전체 생산 일정에 영향을 미친다.

**해결 사례:** 대용량 모델 탑재 간섭 검사는 경량 CAD 모델을 이용해서만 가능하다. 이를 위해 경량 CAD 모델 뷰어의 기능을 커스터마이징하여 탑재 간섭 시스템을 구현하였다. 경량 CAD 모델 포맷이 LOD(Level Of Detail) 모델을 지원하는 경

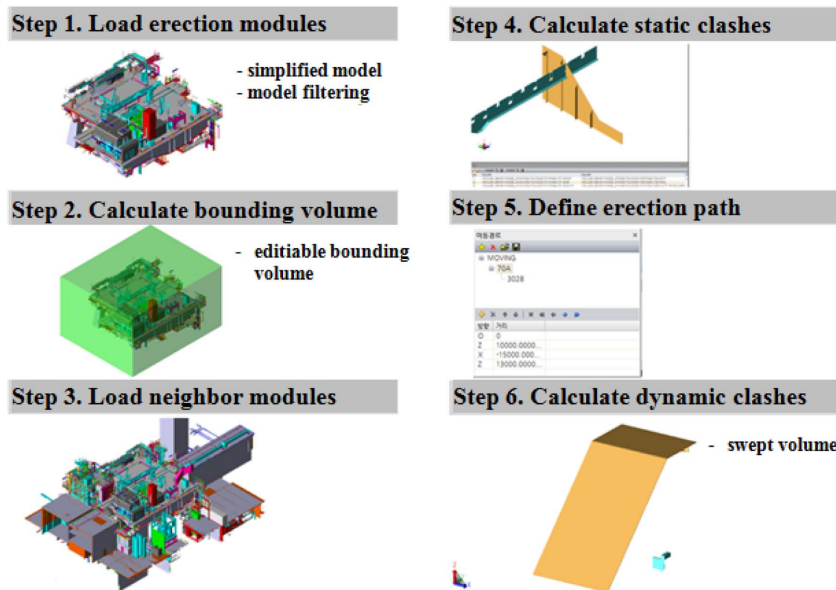


Fig. 4 An interference detection system for erection simulation

우, 전처리를 통해 간섭이 예상되지 않는 부분의 형상은 단순화된 형상을 사용하여 대용량 모델 가시화와 간섭 검사를 보다 효율적으로 할 수 있다. 간섭 결과를 경량 CAD 모델 뷰어가 제공하는 마크업 기능을 통해 기록하여, 간섭으로 인한 설계 변경이나 조립 순서 변경을 경량 CAD 파일에 포함된 마크업에 기록함으로써 설계와 생산 부서가 쉽게 결과를 공유할 수 있다. Fig. 4는 개발된 시스템의 예이다.

**5.4 도장 면적 계산 시스템**

**문제:** 조선소에서 배량 및 비용 계산을 위해 정확한 도장 면적 계산이 필요하다. 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 교집합을 계산해야 한다. 선박 모델을 경계표현(B-Rep) 방식의 솔리드 모델로 변환하여 불리언 오퍼레이션(Boolean Operation)을 통해 교집합 계산을 할 수도 있지만, 해양 모듈과 같이 많은 의장품이 포함된 대용량 모델은 많은 계산 시간이 필요하다.

**해결 사례:** 경량 CAD 모델 뷰어가 제공하는 불리언 오퍼레이션 기능을 사용하여 시스템을 구현하였다. 본 연구에서는 HOOPS 모델을 사용하였는데, 모든 경량 CAD 모델 뷰어가 불리언 오퍼레이션 기능을 제공하는 것은 아니다. 솔리드 모델에 비해 경량 CAD 모델에 대한 불리언 오퍼레이션은 작은 계산 시간이 필요하고, 대용량 모델을 다룰 수 있기 때문에 대용량 모델의 임의 영역에 대한 도장 면적을 보다 효율적으로 계산할 수 있다. Fig. 5는 도장 면적 계산을 위하여 경량 CAD 모델에 대해 불리언 오퍼레이션을 수행한 예이다.

**5.5 화물 탱크 용적 계산 시스템**

**문제:** 선박에서 화물 탱크의 용적 계산은 선주의 요구 사항으로 정확한 계산이 필요하다. 특히, 탱크 내에 포함된 선체 부재, 의장품의 용적을 제외하고 계산해야 하기 때문에 수기로 계산하는 것은 많은 시간이 소요된다.

**해결 사례:** 화물 탱크와 관련된 선체 부재 및 의장품이 탑재 간섭 검사의 경우와 같이 많은 것이 아니기 때문에 화물 탱크 용적 계산은 솔리드 모델로도 할 수 있지만, 경량 CAD 모델이 존재하

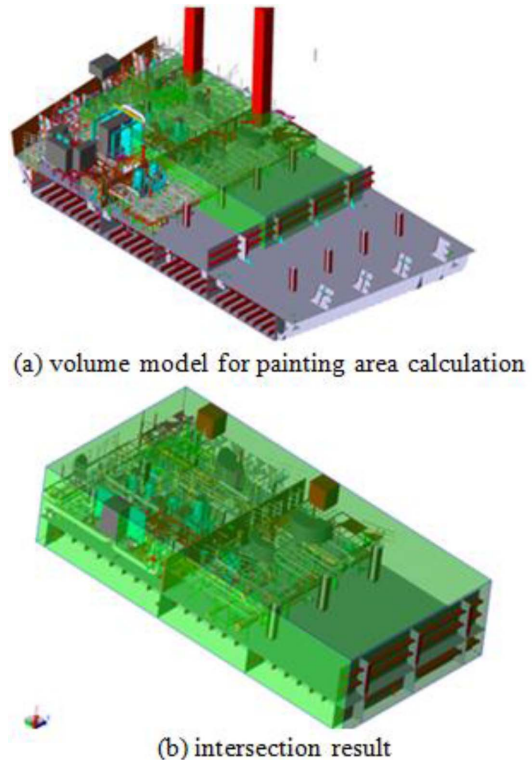


Fig. 5 A painting area calculation system

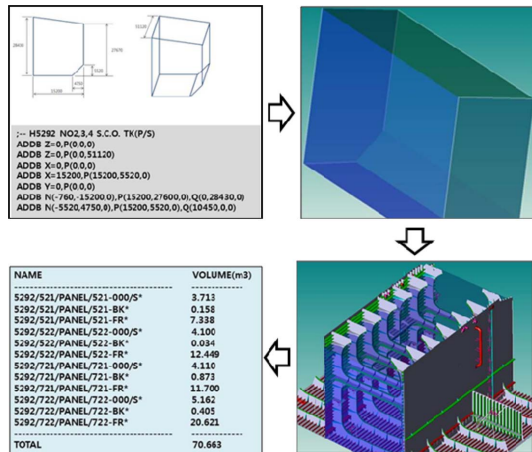


Fig. 6 A cargo tank net volume calculation system

는 경우 선박 모델을 솔리드 모델로 변환할 필요 없이 경량 CAD 모델을 사용할 수 있다. 배관과 같은 많은 의장품이 화물 탱크를 관통하기 때문에 화물 탱크 용적 계산에도 화물 탱크와 의장품과의 교집합 계산이 필요하다. Fig. 6는 개발된 시스템의 예이다.

## 6. 결 론

조선 PLM 구축을 위해서는 독립적으로 존재하거나 느슨하게 연결된 여러 단위 시스템을 하나의 플랫폼으로 통합하는 것이 필요하고, 이를 위해서는 다양한 환경에서 선박 CAD 모델 데이터의 공유가 가능해야 한다. 경량 CAD 모델은 조선 PLM 환경에서의 모델 데이터 공유에 대한 해법을 제공하고, 이는 조선 PLM 구축을 위한 기폭제가 될 수 있다. 조선 CAD 시스템의 네이티브 CAD 모델은 복잡하고 독점적인 포맷으로 되어 있어 데이터 공유에 적합하지 않다. 경량 CAD 모델은 간단한 포맷으로 되어 있어서 다양한 응용 시스템과의 연동이 가능하고, 다양한 생산 환경의 요구에 필요한 정보와의 연결이 용이한 장점을 가지고 있다. 국내 조선소에서는 경량 CAD 모델을 이용하여 다양한 생산 응용 시스템을 개발하고 있고, 이는 향후 조선 PLM 구축에서 중요한 역할을 담당할 것으로 예상된다. 본 논문에서 소개된 경량 CAD 모델을 이용한 응용 시스템 개발 사례는 향후 조선 산업에 적합한 경량 CAD 모델 포맷 및 뷰어를 개발하는데 참고가 될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. Ball, A., Ding, L. and Patel, M., 2007, Lightweight Formats for Product Model Data Exchange and Preservation. *PV 2007 Conference*, Germany.
2. Ding, L. and Ball, A., 2007, Product Representation in Lightweight Formats in Product Lifecycle Management (PLM). *4th International Conference on Digital Enterprise Technology*, UK.
3. Hartmann, N.W. and Lim, A., 2008, Examining Neutral Formats for Visualization and Data Exchange. *Proceedings of The 2008 IAJC-IJME International Conference*, Nashville, TN, USA.
4. Hartman, N.W., 2009, Evaluating Lightweight 3D Graphics Formats for Product Visualization and Data Exchange. *Journal of Applied Science & Engineering Technology*, 3, pp.39-46.
5. 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.
6. Toriya, H., 2008, Benefits of Lightweight 3D Data. *3D Manufacturing Innovation: Revolutionary Change in Japanese Manufacturing with Digital Data*, Springer, pp.33-50.
7. Acrobat 3D Software to Accelerate Design Collaboration Processes at Renault, 2007, <http://www.designer.com/digital/news-g10553.html>.
8. Song, I.H. and Chung, S.C., 2009, Data Format and Browser of Lightweight CAD Files for Dimensional Verification Over the Internet. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 23, pp.1278-1288.
9. Autodesk NavisWorks, 2013, <http://www.autodesk.com/products/autodesk-navisworks-family/overview>.
10. JT Open Technology, 2013, [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/open/jtopen/technology/index.html](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/open/jtopen/technology/index.html).
11. Tech Soft 3D, 2013, <http://www.techsoft3d.com>.
12. Right Hemisphere, 2013, <http://www.righthemisphere.com>.





**천 상 옥**

1994년 한국과학기술원 산업공학과 학사  
 2002년 포항공과대학교 산업공학과 석사  
 2008년 한국과학기술원 기계공학과 박사  
 2008년~현재 대우조선해양 중앙연구소 정보기술팀  
 관심분야: Ship CAD, CAD/CAM



**이 지 훈**

2009년 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 학사  
 2011년 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 석사  
 2011년~현재 대우조선해양 중앙연구소 정보기술팀  
 관심분야: Digital Manufacturing, Digital Mockup, PLM, 3D Model Conversion



**박 광 필**

1997년 서울대학교 조선공학과 학사  
 1999년 서울대학교 조선공학과 석사  
 2011년 서울대학교 조선공학과 박사  
 1999년~현재: 대우조선해양 중앙연구소 특수성능연구소  
 관심분야: Modeling & Simulation, IT Convergence



**서 흥 원**

1985년 인하대학교 조선공학과 학사  
 1991년 부산대학교 조선공학과 석사  
 1991년~현재 대우조선해양 중앙연구소 정보기술팀장  
 관심분야: Ship CAD, PLM, 선박 제품 모델링, 시뮬레이션, 동시공학 설계