한국 CAD/CAM 학회 논문집
제 15권 제 5호 2010년 10월 pp. 362-374

4-계층 모델 기반의 선박 수명주기관리 시스템 프레임워크

김승현*, 이장현**, 이경호***, 서흥원****

Framework of Ship PLM System Based Upon Four-Tier Model

Seunghyun Kim*, Janghyun Lee**, Kyungho Lee*** and Heungwon Suh****

ABSTRACT

Product Lifecycle Management (PLM) is an integrated business approach to manage the creation and distribution of product information throughout the product development process. From the product perspective, PLM encompasses a holistic approach to product development and product information management. It supports the integrated product information in conjunction with the efficient product structures and BOM (Bill Of Material), user interfaces, proper functions, design processes and enterprise integration. Therefore, PLM should not only satisfy required functions as an enterprise software but also offer a systematic method for the efficient application from the initial stage of its development. Recently, many shipyards have been considering the PLM as a strategic solution to get the efficient management of product information such as 3-D models, BOM, drawings, documents, and the other product data. Though many studies on PLM are performed, most of them are performed in a function-based approach adequate for mass productive assembly industries. It could not help having limitations on applying the proper PLM system to the shipbuilding business since the requirements of shipbuilding PLM are too diverse and huge to design the architecture. This study presents the PLM framework which effectively reflects the diverse requirements of shipbuilding PLM. In order to get the macroscopic architecture of shipbuilding PLM, authors suggest the four-tier architecture model which considers the various requirements collected from shipyards. Entities of ship design data are modeled BOM in terms of product structure and hierarchical class diagram. Applicable functions of shipbuilding PLM are also investigated by analysis of issues of ship design. Finally, by reflecting the design process of shipbuilding, To-Be ship design procedure cooperated with the suggested PLM framework has been summarized.

Key words : PLM framework, Shipbuilding PLM, BOM, Product Information, Four-Tier Architecture

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

최근 조선 산업은 기존보다 급격히 증가된 선박을 설계 및 건조하고 있으며, 그에 따라 설계생산의 효율성을 높이기 위하여 다양한 정보 시스템을 구축하고 있다. 3차원 조선 CAD(Computer Aided Design)를 이용한 설계 환경 변화, ERP(Enterprise Resource Planning, 전사적 자원 관리) 시스템을 통한 경영 정보의 통합, APS(Advanced Planning System, 통합 생산일정계획 시스템)을 이용한 최적 생산 계획 등이 그 사례이다[1].

특히, 3차원 CAD 의 활용 방법, 2차원 도면과 기술 문서, 자재목록(BOM) 등 광범위한 제품 정보의 활용 및 관리방법에 따라 제품 개발의 효율성뿐만 아니라 정보 시스템의 효율성이 좌우된다. 이러한 이유로 국내외 조선 산업은 제품 정보를 전사적인 데이터로 통합하려고 노력하고 있다. 한편 자동차 산업, 전자 산업, 소비재 산업 등은 이미 제품 정보의 통합을 위한 방법으로써 제품수명주기관리(PLM) 시스템이 보편화되어 적용되고 있는 상황이다. 설계 및 제품 정

*학생회원, 인하대학교 대학원 조선해양공학과
**종신회원, 교신저자, 인하대학교 조선해양공학과
***종신회원, 인하대학교 조선해양공학과
****대우조선해양㈜ 정보기술 R&D 팀
- 논문투고일: 2010. 05. 24
- 논문수정일: 2010. 09. 01
- 심사완료일: 2010. 09. 04

보를 체계적으로 저장하고 관리하기 위한 방법으로는 PDM(Product Data Management), CPD (Collaborative Product Development), CPC (Collaborative Product Commerce) 등의 명칭을 가진 시스템이 적용되고 있으나 통상적으로 PLM의 범주로 보는 것이 타당하다고 할 수 있다[2,3]. 제품 개발에 있어서 PLM의 역할은 개선된 제품 개발과 설계(CPI: Collaborative Product Innovation)를 지원하는 것이 가장 중요한 가치이다[4]. 이를 위하여 PLM 시스템의 거시적인 체계 관점뿐만 아니라 미시적인 기능 관점까지를 포괄한 구성 요소가 체계적으로 정의되어야 한다.

PLM 시스템을 구축하기 위해서는 광범위한 요구사항 수집, PLM 구성 요소 및 전체 시스템 설계, 제품 구조와 BOM 체계 정립, 설계 절차의 변화, 정보 시스템의 변화 등 다양한 요소들이 고려되어야 한다. 그러나, 실질적으로 PLM 시스템 구축 단계에서 제품 구조와 전체 시스템의 아키텍처와 같은 거시적인 구성 요소를 정의하는 것이 가장 어려울 뿐만 아니라, PLM 시스템의 효율성과 밀접한 관계가 있다. 또한 PLM 개발 및 구축과정에서 수백 개 이상의 요구사항이 수집되며 상세한 PLM의 기능부터 전사적인 정보 시스템의 변화 요구에 이르기 까지 그 수준과 상세도 등이 매우 다르다. 이러한 요구 사항은 PLM 설계 및 구축 과정에서 적절한 프레임워크(Framework)에 의하여 반영되어야만 한다.

본 연구는 이러한 배경에서 거시적인 관점에서 조선산업에 적절한 PLM 시스템을 정의하고 이를 구축에 활용하고자 하는 현실적인 목적으로 출발하였다. 특히 선박PLM 시스템에 관련된 요구사항을 체계적으로 반영하기 위한 실질적인 절차 모델을 제시할 목적으로 수행되었다. 따라서 본 논문에서는 조선 산업의 조직, 정보 시스템 환경 그리고 산업의 특성을 반영하여 거시적인 관점에서 4계층의 PLM 프레임워크를 정의하고자 하였으며, 요구 사항을 반영하여 기능 항목을 구성하는 절차를 제시하고자 하였다. 또한 각종 설계 도구를 이용한 제품 정보 생성 및 관리 과정과 선박 설계 과정에서 PLM이 수행할 역할을 제시하고자 한다. 이를 통해 선박 설계와 관련된 요구사항을 반영할 수 있는 PLM 적절한 구성 요소를 정의하고자 한다.

1.2 관련 연구

조선 · 해양 산업뿐만 아니라 자동차, 항공기, 기계/전자 부품 등 산업 전반에 걸쳐서 특화된 PLM 시스템의 원형(Prototype)에 관한 연구가 진행되고 있다. 그러나 현재의 주로 PLM은 주문 조립형 제조 전략(ATO: Assemble To Order)과 재고형 제조 전략(MTS: Make To Stock)에 적절할 뿐만 아니라, 다수의 분산된 개발 조직을 가진 협업 설계 전략에 적절한 아키텍처를 가지고 있다. 이러한 이유로 현재 통용되는 PLM 시스템은 주문 설계형 제조 전략(ETO: Engineering To Order)인 선박 설계/생산 절차에 적용하기 위해서는 PLM의 역할과 구성을 재정의해야 할 것으로 판단되며, 선박 설계 Process를 반영한 PLM 아키텍처를 제시해야 할 것으로 판단된다[5].

PLM의 가능적인 측면보다 아키텍처 측면에서 PLM 구성을 정의한 연구는 몇몇 사례[4,6,7]에서 살펴 볼 수 있다.

Sharma[4]는 PLM이 CAD, KBE(Knowledge Based Engineering), CAE(Computer Aided Engineering), PDM 시스템과 인터페이스(Interface)를 가지며, ERP 시스템과 정보를 공유하는 데이터 계층(Data Layer)을 정의하였다. 설계 절차(Process)를 처리하기 위한 절차 계층(Process Layer), 기존 시스템(Legacy System)과 통합을 위한 EAI(Enterprise Application Integration) 방법, 그리고 PLM과 ERP의 데이터베이스 공유를 PLM의 프레임워크로 정의하였다. 제안된 프레임워크는 GM 사의 PLM 시스템 구성에 채용된 것으로 설명하였다.

Shu/Wang[6]은 제품 개발 조직(Organization), 제품 정보 (Information), 응용 프로그램(Application), 개념 요소 (Concept Element)를 PLM 프레임워크 구성 요소로 정의하였다. 제품 모델(Product Model)은 파트(Part)와 요소(Component) 사이의 관계를 정의한 것으로 트리(Tree) 구조로 표현하는 것이 적절하다고 제안하였다. 또한 제품 모델을 BOM을 중심으로 결정할 것을 제안하였으며, 범용 제품 구조(Generic Product Structure)를 중심으로 수명 주기 단계에 따라 BOM을 정의하였다. 특히, 이 연구에서는 PLM은 단순한 전산 소프트웨어라기 보다는 다양한 시스템과 통합에 중점을 두고 개발되어야 하며, 제품 구조와 BOM 체계가 실질적인 PLM 구현에 있어서 가장 중요한 요소라는 점을 강조하였다. 따라서 기업 정보 시스템과 PLM 상호간에 제품 정보를 교환하는 절차적 모델 및 업무 흐름(Work Flow)을 정의하였으며, 비즈니스 절차를 중심으로 PLM의 역할을 상세하게 기술하였다.

Xu 등[7]은 PLM 시스템은 통일된 모델이 아닌 각 산업의 특성에 맞는 모델로 적절하게 변형되어야 한다고 보고 총 5개의 계층으로 구성된 모델을 제안하였으나 Shu/Wang[6]이 제시한 모델과 크게 다르지 않

다. 응용 프로그램 인터페이스(Application Interfaces), 각 산업별 솔루션(Domain Solution) 계층, 소프트웨어 기능(Function Modules) 계층, 제품 데이터 객체(Data Object) 계층, 데이터 교환과 데이터 사상(Mapping)의 역할을 하는 비즈니스 논리(Business Logic) 계층으로 구성되어 있다. 이 모델은 범용적인 PLM 프레임워크를 제시함으로써 PLM의 일반 기능과 더불어 각 산업 특성에 적절한 기능을 추가로 설계해야 한다는 현실적인 방향을 제안하였다.

이러한 연구는 대부분 데이터 계층과 응용 프로그램 계층으로 분류는 하였으나, 가장 중요한 제품 구조 및 설계 절차와 PLM의 역할 및 요구사항과 각 계층과의 구체적인 연계 방안은 산업 분야의 특성에 따라 정립할 것을 추천하고 있다.

2. 4-계층 기반 선박 PLM 프레임워크

2.1 프레임워크의 개요

본 논문에서 정의한 PLM 프레임워크는 PLM의 구성 요소, PLM 시스템의 전사적 역할, 제품 정보 관리 기능 및 제품 정보 체계, 정보 시스템 구현 방법을 의미한다.

본 연구에서 제시한 모델은 Xu 등[9]이 제안한 프레임워크가 제시한 모델이 반영하지 못하는 사용자 환경 설계를 포함하며, 설계 절차 및 PLM의 역할을 제시하는 비즈니스 모델을 추가하여 네 개의 계층을 가지는 모델로 제안하였다. 또한 조선소의 설계 문제점으로 지적된 요구 사항을 구체적으로 실현할 수 있는 정보 기술 개발 절차와 연계하여 4-계층의 선박 PLM 프레임워크를 제안하고자 한다.

Fig. 1에 보인 바와 같이 PLM 의 계층을 비즈니스 계층(Business Tier), 제시 계층(Presentation Tier), 응용 프로그램 계층(Application Tier), 데이터 계층(Data Tier) 등 네 개의 계층으로 구성하였다. 특히, 데이터 계층을 산포된 정적 데이터와 제품 구조로 구별하여 제품 정보를 정의할 수 있도록 하였다.

① 비즈니스 계층

PLM시스템을 이용한 설계 전략 및 방법론을 의미한다. 즉, PLM 환경을 통한 설계 절차와 정보 활용 방법을 의미하며, 설계 업무의 기능과 각 설계 부서 간의 역할, 제품 정보의 활용 방안을 정의하는 계층이다.

② 제시 계층

사용자 환경(User Interface)으로서 실제로 보여지는 화면 구성을 의미한다. 구체적으로는 PLM 의 응용 프로그램의 핵심 기능을 활용할 수 있도록 하는 전산 화면을 의미한다.

③ 응용 프로그램 계층

PLM이 제공하여야 하는 기능을 정의하는 계층이다. 설계 변경 관리, BOM 관리, 문서/도면 관리, CAD 인터페이스, 설계 변경 요구사항 반영 등과 같은 구체적인 기능 군을 의미한다.

④ 데이터 계층

제품 구조(Product Structure)와 정적 데이터(Static Data)로 구별하여 정의하는 제품 정보를 의미한다.

응용 프로그램 계층은 데이터 계층의 제품 정보를 가공하고 관리하는 역할을 하며, 제시 계층은 응용 프로그램 계층에서 정의한 기능을 사용자 환경으로 제공하는 역할을 수행한다. 그리고 비즈니스 계층은 PLM 시스템을 이용한 제품 설계 및 개발 절차, 전략을 의미한다.

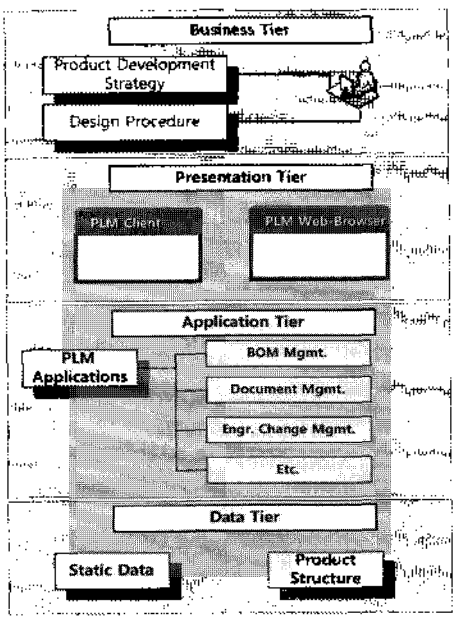


Fig. 1. Four-Tier model for PLM.

2.2 데이터 계층의 구성

이 계층은 도면 정보, 문서, 3차원 모델 정보 등의 제품 정보를 표현하고 저장하기 위한 자료 구조를 의미한다. 제품 데이터는 크게 정적 데이터와 트리 구조로 표현하는 제품 구조(Product Structure)로 구별하였다. 정적 데이터는 도면, 문서, 모델 등 각각의 데이터

를 의미하며 제품 구조는 선박의 특성에 따른 제품 뷰(View)를 의미한다. 이 계층은 PLM의 데이터베이스 설계에 활용되며, 개체관계(ER: Entity Relationship) 다이어그램으로 표현된 후 물리적 데이터베이스를 구현하는데 확장된다.

식별되어야 할 제품 정보의 데이터 종류는 매우 광범위하므로 본 절에서는 선박 설계 시 생성되는 주요 개체만을 정리하였다. Fig. 2는 데이터 계층의 생성 절차를 설명한 것이다.

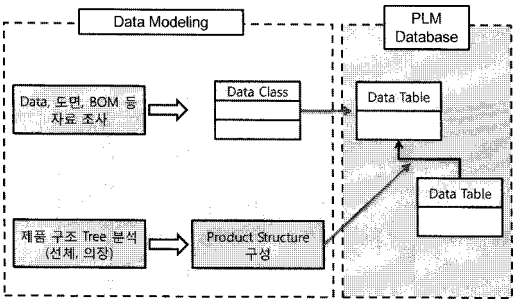


Fig. 2. Make a description of Data Tier.

Table 1은 선박 설계 시 생성되는 정적 데이터의 일부를 보인 것이다. Fig. 3은 선체 설계과정에서 생성되는 여러 종류의 BOM 사이의 객체 관계를 정리한 것이며, Fig. 4는 의장 도면을 UML(Unified Modeling Language)[8,9] 표기법에 따라 객체 관계로 정리한 것이다. 제품 구조는 (반)조립 품과 하위 부품 간의 조립 관계를 의미한다. Fig. 5는 선박의 제품 구조와 정적 데이터를 연결시킴으로써 선박의 제품 정보를 표현한 예제를 설명한 것이다.

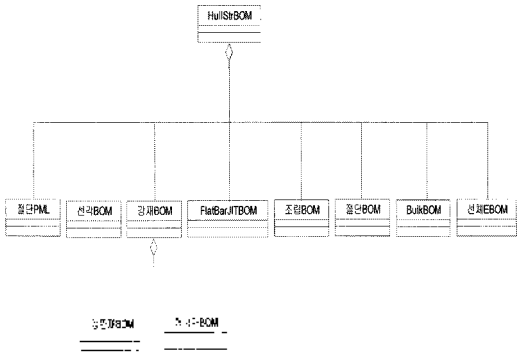


Fig. 3. Class diagram of BOMMs in hull design.

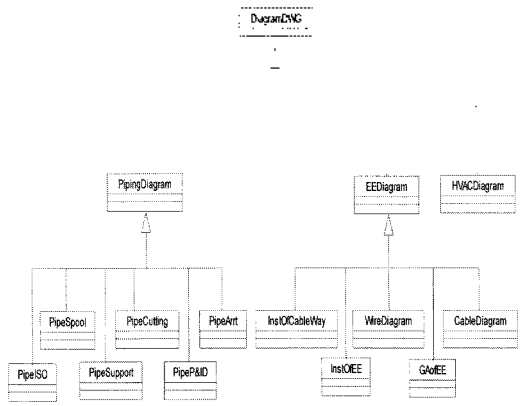


Fig. 4. Class diagram of drawings in outfitting design.

제품 구조는 ① 상/하위 부품 사이의 관계, ② 각 품목이 참조하는 문서, 모델, 도면 등 제품 정보, ③ 그리고 설계 단계 별 제품 트리 구조와 BOM변화 등을 포함할 수 있어야 한다. 본 절에서는 선체 및 의장

Table 1. Static data class

Product Data의 종류		Data Class
상위분류	하위분류	
BOM	HullStr BOM	절단 PML, 선각 BOM, 강재 BOM, FlatBarJITBOM, 조립 BOM, 절단 BOM, BULKBOM, 선체 EBOM, 강판재 BOM, 형강재 BOM 등
	Outfitting BOM	의장 EBOM, 설치 BOM, 설치 PML, 설치 BOM, 제작 PML, 제작 BOM, MML, Installation List, Equipment List, Pipe List, Valve List 등
CAD Data	TRIBON DB	Tribon 데이터베이스
	Oft 3D Model	의장 3차원 모델
	Hull 3D Model	선체 3차원 모델
Document	Drawing	2D-DWG, Diagram DWG 등
	Office Document	Maker List, Class Rule, TankTestt Plan, Class Comment, Paint Spec, Owner Comment, 설계개선요청서, Building Spec 등
	Engineering Data	중량추정, 기본성능계산, Trim Stability, Weight Calculation, 구조강도계산, Damage Stability, Tank Capacity, CAE 모델 등

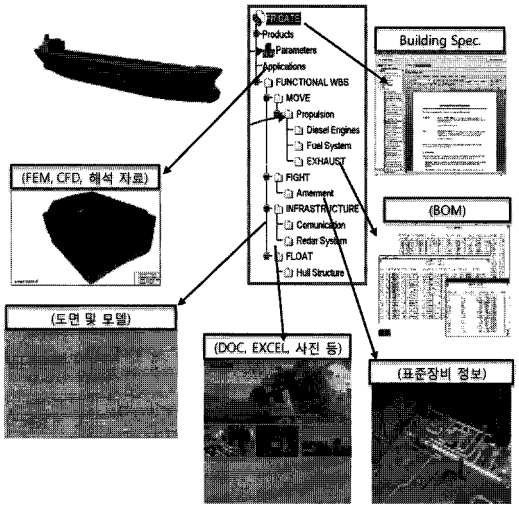


Fig. 5. Product structure associated with static data.

의 상하위 부품간 트리 관계와 제품 정보의 관계를 중심으로 주요 특징을 정의하였다. 선박의 제품 구조는 각 기업의 설계 시스템, 생산 공법 등에 따라 달라지므로 범용적인 제품 구조를 정의하기 어렵다. 그러나 PLM의 구성 요소에서 가장 중요한 것은 제품 구조와 BOM 구조이다. 선박의 기준 제품구조는 블록 분할, 의장 시스템, 그리고 가상 영역을 감안해야 한다. 이는 선체 블록 조립 공법, 의장 공법 등에 따른 필연적인 제품구조이다. 선박의 제품 모델은 Whitefield 등[10]이 정리한 바 있다. Whitefield 등[10]은 STEP (Standard for the Exchange of Product Data)과 XML(extensible mark-up language)을 이용한 선박의 제품 구조를 표현하기 위한 스키마(Schema)의 일부를 정리하였다. Oetter & Cahill[11]은 상용 선박 CAD 시스템인 'Ship Constructor'를 이용하여 선박 제품 모델을 정의하는 순서와 사례를 간략하게 언급하였다. Caprace 등[12]은 유럽연합의 공동 연구인 INERShip 프로젝트의 일부로서 선박 생산 및 건조 과정에서 발생하는 비용을 계산하고자 작업 계층을 분류하고 상세 설계 정보를 이용하였다. 이를 위하여 선체 블록을 Assembly(block), Pre-Assembly(panel block), Pre-manufacturing(assembly of panel), Pre-pre-manufacturing(items assembly)의 계층으로 나누었으나, 의장 시스템에 관한 기준 및 선체 설계와 의장 설계 사이의 관계를 제시하지는 않았다.

Fig. 6과 같이 선체 및 의장 시스템간의 제품 구조의 연관 관계를 정의하였다. FB, ER, ACM, UD, DB, D, F, P, 그리고 S는 선박의 주요 부위를 가상의 영역(Zone)을 명명한 조선소 자체의 코드로서 각각 선수(Fore-Body), 엔진설치 구역(Engine Room), 선실(Accommodation), 상갑판(Upper Deck), 이중 선저부(Double Bottom), 갑판(Deck), 연료 탱크, 추진기, 그리고 선수부(After-Body)를 의미한다. 그러나 이 영역

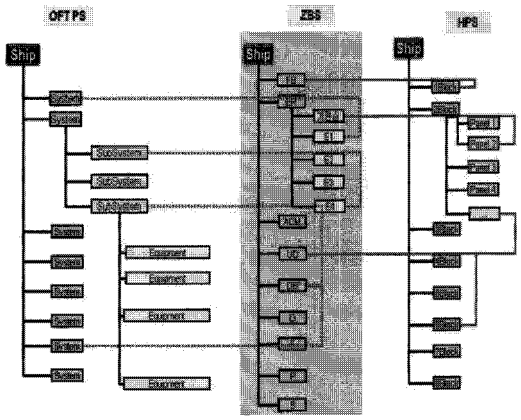


Fig. 6. Product structure for hull, outfitting and zone.

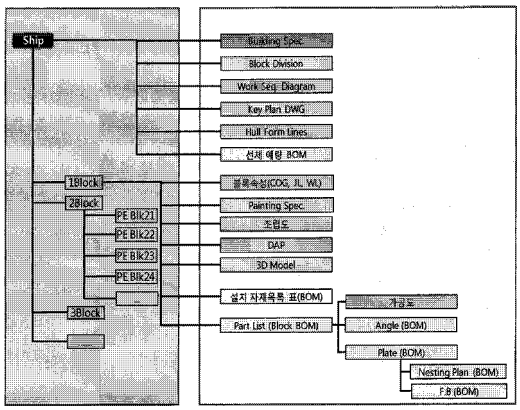


Fig. 7. Hull block product structure.

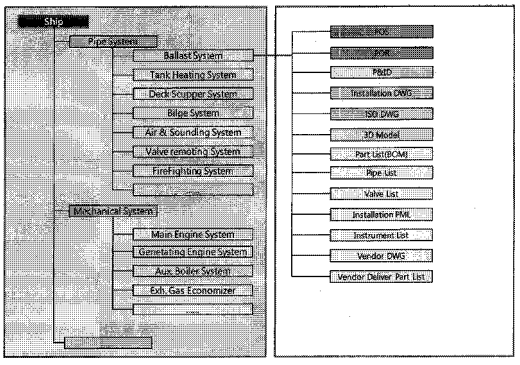


Fig. 8. Outfitting product structure.

한국CAD/CAM학회 논문집 제15권 제5호 2010년 10월

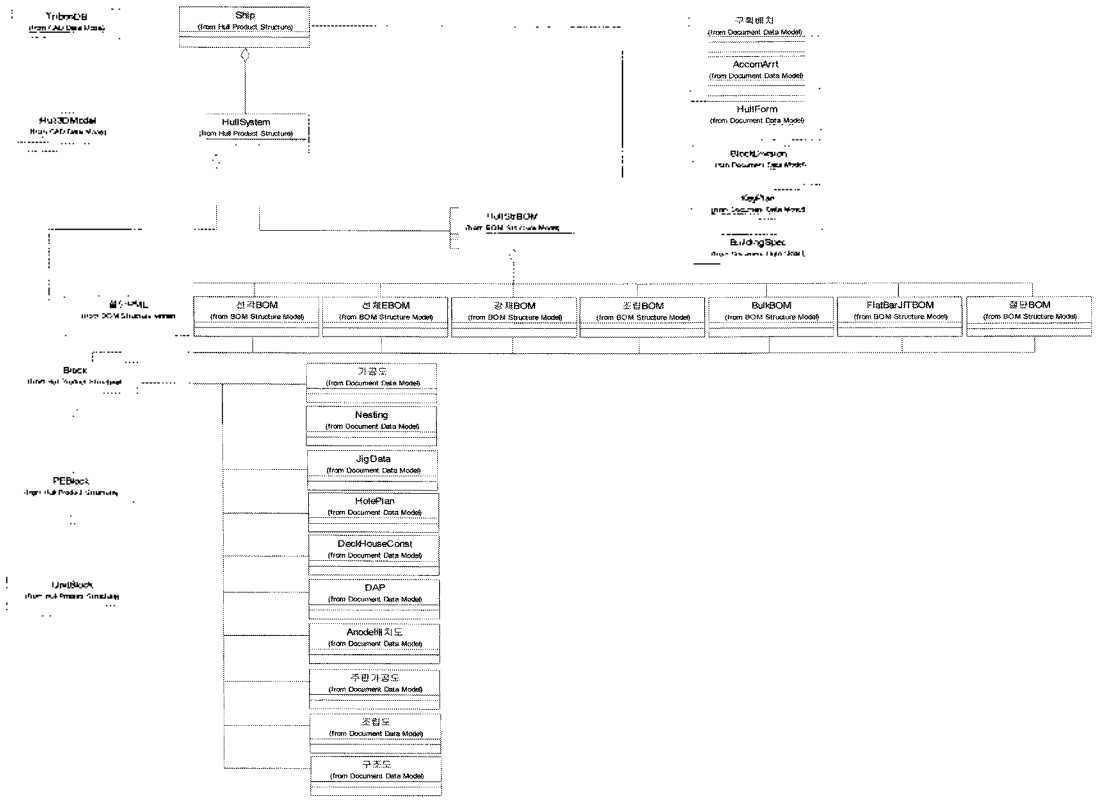


Fig. 9. Class Diagram of the Hull Product Structure.

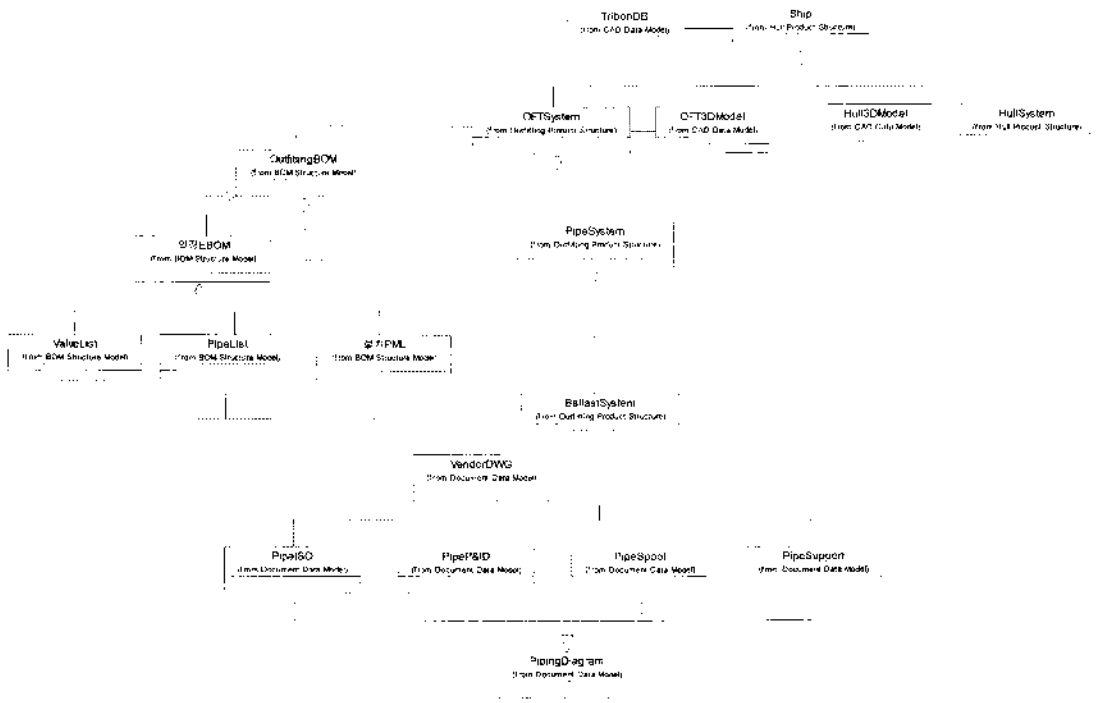


Fig. 10. Class Diagram of the Outfitting Product Structure.

코드는 각 선박의 종류 및 조선소 마다 달리 적용하는 고유한 코드이다. Fig. 6에 제시한 세 개의 제품 트리 구조는 IHOP(Integrated Hull Outfitting & Painting) 공법을 적용하기 위하여 선체와 의장 설계의 제품 구조를 영역(Zone)을 중심으로 블록 트리 및 의장 시스템이 연계 되도록 정의한 것이다. 따라서 선체 제품구조(HPS: Hull Block Product Structure)와 의장 제품 구조(OFT PS: Outfitting Product Structure)가 ZBS (Zone Breakdown Structure)를 중심으로 다대다 관계를 갖는 것으로 정의하였다. Fig. 7은 선체의 제품 구조와 참조하는 제품 데이터와 관계를 보여주고 있다. 선체의 제품 구조는 블록 분할(Block Division)을 반영하여 상/하위 블록 관계를 표현한 것이다. 또한 각 블록은 정적 데이터 영역에서 정의한 부품 속성, 도면, 문서, 그리고 BOM 정보를 가지도록 정의하였다.

의장 시스템은 SWBS(System Work Breakdown Structure)로 표현하였다(Fig. 8). 의장 시스템은 블록 분할에 의하여 하나의 시스템이 블록 별로 나누어 진다. 또한 의장 시스템 및 의장 부품은 선체 조립 시에 설치되는 선행의장 공법을 감안하여야 하므로, 의장 부품 및 시스템에 설치될 블록을 지정하여야 한다. 따라서 각 의장 시스템은 블록의 제품구조와 동시에 연계하여야 한다. 기본 설계 및 후행 의장 생산 계획 등에서는 의장 시스템 단위로 관리하여야 하므로 SWBS를 기준으로 정의하는 것이 적절하다고 할 수 있다. Fig. 9와 Fig. 10은 선박 제품 구조의 특징을 고려하여 정적 데이터의 일부로 정의한 의장 제품 구조의 객체 다이어그램이다.

2.3 응용 프로그램 계층 구성

응용 프로그램 계층은 데이터 계층에서 정의된 제품 정보를 활용할 수 있도록 PLM 시스템이 제공하여야 할 기능 요구사항을 정의하였다. PLM의 기능은 적용되는 제조산업의 특징, 제품 개발 절차의 특징에 따라 다르지만, Schuh 등[9]이 제시한 바와 같이 제품 정보 생성 영역과 프로세스 관리 영역으로 나눌 수 있다. 통상 PLM의 기능은 도면 관리, 형상 관리, 문서 관리, 설계 변경 관리, 설계 업무 흐름 관리, CAD 인터페이스, 그리고 시스템 통합 등의 기능 군으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 조선소의 설계 및 생산 부서에서 이슈로부터 기능 요구사항을 직접 도출하였다. 조선소의 각 설계 부서 별로 작성한 이슈 보고서와 인터뷰 자료를 근거로 각 이슈의 해결을 위한 기능 요구사항을 추출하였다. 이슈로부터 PLM의 기능을 추출하기 위해서 Fig. 11에 보인 것과 같은 정보전략계획(ISP: Information Strategy Planning) 기법의 개념을 이용하였다. 주요 절차를 정리하면 다음과 같다.

(1) 설계 부서 별 개선 사항, 인터뷰 문서를 검토한다.
(2) 인터뷰 내용을 이슈 그룹으로 분류하여 정리한다.
(3) 이슈 별로 원인을 분석한다.
(4) 원인 별로 해결 가능한 미래 방향 및 해결 가능 자를 도출한다.
(5) CIR(핵심 정보 기술 요구 사항) 및 CFR(핵심 기능 요구 사항) 도출한다.
(6) 요구사항의 Use-Case 그룹별로 정리한다.
(7) PLM 응용 프로그램 계층의 기능 모듈(Module)을 정의한다.

2.3.1 설계 이슈 정리

설계 및 PLM과 관련된 요구사항은 대체로 수백 가지 이상으로 정리되지만, 주요 이슈는 몇 가지 공통된 특징을 가지고 있다. 설계 부서 간에 도면과 모델 정보를 공유하는 것이 어렵고, 유사한 설계 오작의 반복적인 발생, 생산 설계 도면 작성에 많은 시간이 소요되는 문제, BOM과 PML(Pallet Material List)간의 정보 상호 변경의 어려움과 같은 문제들이 공통적으로 제기되고 있었다. Table 2는 국내 대형 조선소의 설계 부서의 요구사항을 수집하여 이슈 그룹의 일부를 정리한 것이다.

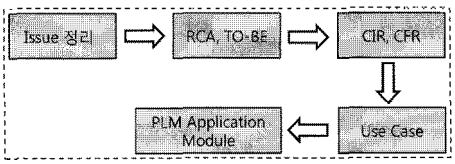


Fig. 11. Procedure to define the application tier.

2.3.2 원인분석(RCA) 및 개선 기회 도출

본 절에서는 앞 절에서 정리된 17개의 설계 이슈 그룹의 RCA를 통해 문제점의 원인을 도출한 후, 이를 해결하기 위한 개선 기회를 정리하였다. Fig. 12는 총 6개의 개선 기회 분야(영업견적 설계 체계, 설계 데이터 및 제품 데이터 공유 체계, BOM 정보 통합 체계, 도면 승인 체계, CAD 시스템 변화, 협업 설계 체계 구축) 중에서 설계 데이터 및 제품 데이터 공유 분야의 RCA 및 개선 기회 도출 과정을 보여주고 있다.

Table 2. Issue group of design stage

ISSUE	ISSUE 내용
IS01	설계 변경 반영 절차가 불명확하다.
IS02	설계 정보를 공유하는 체계가 없다
IS03	호선 정보 공유 및 변경 요구를 추적하기 어렵다.
IS04	설계 정보의 전달이 지연되고 있다.
IS05	3차원 모델 활용이 제한적이다.
IS06	설계 데이터 형식이 불일치하며 재활용이 어렵다.
IS07	제품 속성(중량 등)이 정확하지 않다.
IS08	BOM 사이의 정보가 불일치 한다.
IS09	통합된 선박 제품 모델이 없다.
IS10	설계 정보의 재활용이 부족하다.
IS11	3차원 모델 뷰어 가 필요하다.
IS12	외부 기관의 승인 절차가 오래 걸린다.
IS13	구조 해석 및 엔지니어링 기술 축적
IS14	설계 D/P(Drawing Plan)과 도면, BOM 모델 정보가 연계되어 있지 않다.
IS15	영업 설계 시 제품의 견적 산출이 어려움
IS16	초기, 기본 계획 및 설계가 어렵다.
IS17	공용되는 주요 부품 정보 제공이 미흡

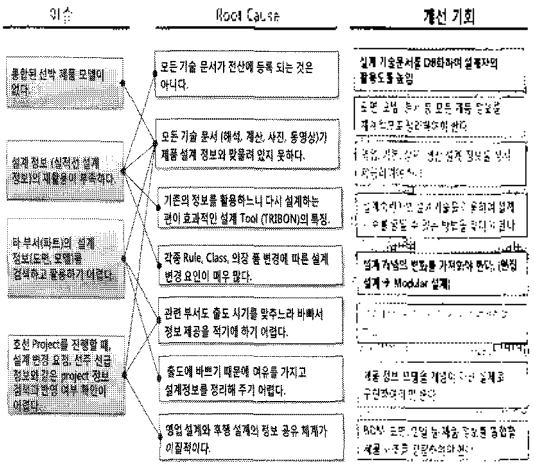


Fig. 12. Issues and root causes.

2.3.3 핵심 정보 시스템 요구 사항(CIR) 정의

각 이슈를 해결하기 위해서는 PLM의 기능 개발뿐만 아니라 정보 기술 및 설계 프로세스의 변화, 조직의 변화, 전략의 변화 등이 필요하다. Fig. 13은 설계 이슈 해결을 위한 정보 시스템 변화 요구 사항의 일부를 보인 것이다. 이는 앞서 정의한 RCA 및 개선 기회 항목 중 정보 시스템의 변화와 관련된 항목을 추출한 것이다. 정보 시스템의 변화로는 주로 제품 정보 공유, BOM 정보의 정확성 확보, 각 정보 시스템간의 적절한 데이터 배분 등과 관련된 것으로 파악되었다. 설계 도면 및 모델 정보의 실시간 조회, 정확한 BOM 정보의 정확성 확보, 영업 설계 정보의 후속 설계 단계로 전달, 조선소 내 여러 정보 시스템간의 정보 관리 주체 설정 등의 요구사항을 기반으로 PLM 시스템이 정보 시스템의 하나로서 추가되어야 한다는 정보 시스템 요구사항을 도출하였으며, 선후행 설계 단계 별로 설계 정보 공유를 위한 지식관리(KM: Knowledge Management)의 필요성, 그리고 전사적 데이터 교환을 위한 EAI(Enterprise Application Integration) 기술의 지속적인 확대가 정보 시스템 요구사항으로 도출되었다.

2.3.4 핵심 기능 요구 사항(CFR) 도출

본 연구에서는 이슈의 해결을 위한 개선 기회 항목 중 기능과 관련된 것들을 CFR으로 사상(Mapping)하고, 각 CFR의 구현을 위해 유즈케이스(Use Case)로 정리하였다. Table 3에 보인 바와 같이 선박 PLM에 필요한 주요 기능은 설계 변경 관리, BOM 관리 기능, 제품 데이터 관리 기능, 엔지니어링 데이터 관리 기능, 도면 생성 계획(D/P: Drawing Plan) 관리 등으로 도출되었다. 특히 ATO 산업의 일반적인 PLM 기능과는 달리 제품 구성 관리(Configuration Management) 및 변종 관리(Variant Management)가 제기되지는 않았으며, 주문형 산업의 특징을 반영한 영업 설계 및 견적 원가 산정을 위한 기능 요구사항이 추가로 도출되었다. 도출된 유즈케이스는 PLM의 기능 모듈로 분류하였다. Fig. 14는 각 기능 모듈을 UML의 비즈니스 요소 (Business Component)를 이용하여 도식적으로 나타낸 것이다.

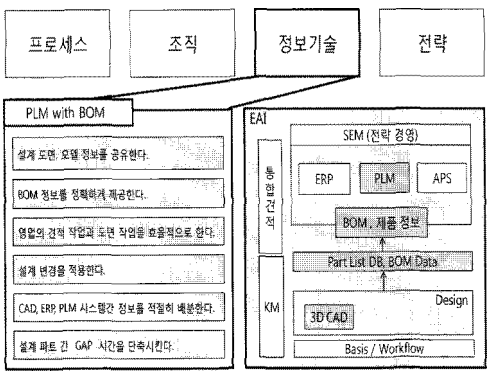


Fig. 13. Critical information requirement.

Table 3. Use case group of design stage

No.	UCG
UCG001	제품 구조의 생성 및 편집 (CRUD: Create, Read, Update, Delete) 기능
UCG002	설계 데이터 관리(체크 인, 체크 아웃, 등) 기능
UCG003	설계 변경 관리 (ECM: Engineering Change Management) 및 Work Flow 정의
UCG004	호선 프로젝트 관리 기능(설계 일정 관리, 선주 요구사항 등과 관련된 설계 변경 반영 등)
UCG005	BOM 관리를 위한 CRUD 및 공지, 업무 흐름 연계 등 기능
UCG006	각 부품 별 적용 시점(Effectivity) 지정을 이용한 생산 계획, 조달 계획과 정보 일치 기능
UCG007	3차원 목업(DMU: Digital Mock-Up) 뷰어 기능
UCG008	수주 견적의 원가 계산 및 제품 사양 정보 제공 기능
UCG009	엔지니어링(설계 검증 작업)의 데이터 및 기술 정보 관리
UCG010	기업내 타 정보 시스템(ERP, APS 등)과 인터페이스 기능
UCG011	설계 정보 공유가 가능한 편의 기능
UCG012	초기/기본 계획 및 후행 설계간 연계 기능
UCG013	공용 주요 부품 정보 관리

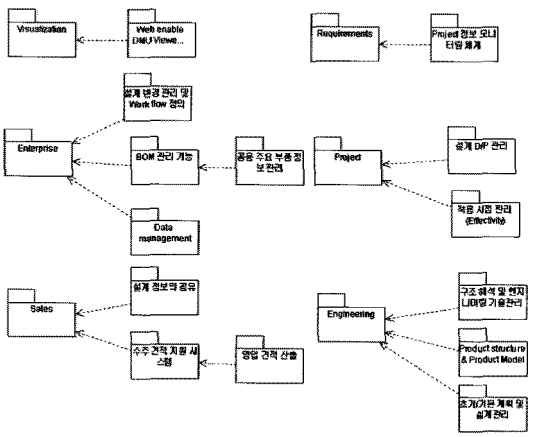


Fig. 14. Functions in Application tier.

2.4 제시 계층의 구성

제시 계층은 설계자 및 PLM 활용자가 실제로 이용하는 GUI(Graphic User Interface)와 화면을 의미한다. 사용자 환경은 주로 Client/Server 화면 또는 WEB 검색화면을 요구하는 것으로 파악되었다. 그러나, GUI는 사용자의 세밀한 요구사항을 반영하는 절차 이므로 본 연구에서는 화면 설계 예제를 통해서 간략하게 설명하였다. 또한 이 계층은 응용 프로그램 계층에서 정의한 PLM의 기능을 실제로 사용자가 원하는 환경으로 개발하므로 두 계층은 밀접하게 관련되어 있다고 볼 수 있다.

예를 들어, 응용 프로그램 계층에서 도출한 유즈케이스가 다음의 3가지 요구사항을 만족해야 할 경우, Fig. 15에 보인 바와 같이 유즈케이스 다이어그램을 작성하고 정보 검색 화면과 데이터 뷰어 화면으로 각각 정의할 수 있다.

(1) 도면 및 문서를 검색 조건에 따라 검색하고 선택한다.
(2) 표준 도면(DXF, DWG, SAT, JT)의 뷰어를 제공한다.
(3) 표준 문서(DOC, PDF, XLS 등)의 뷰어를 제공한다.

정의한 UI(User Interface) 목록은 Fig. 16과 같이 도면 문서의 종류별, 소유자 별, 호선 프로젝트 별로 조건 검색을 수행할 수 있도록 사용자 인터페이스를 의미한다.

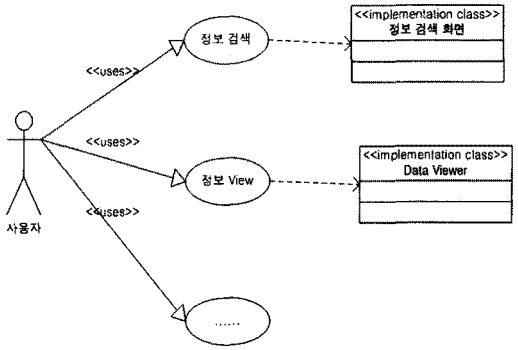


Fig. 15. Example of UCG for a GUI of presentation tier.

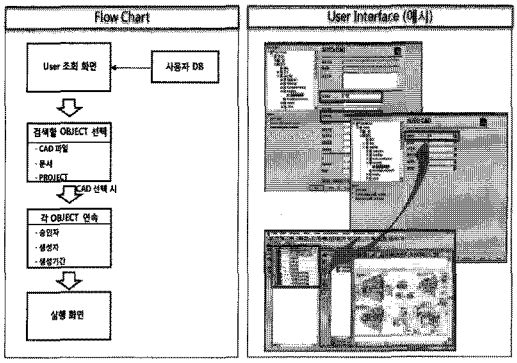


Fig. 16. Example of UI0C-01 (Information search view).

2.5 비즈니스 계층의 구성

본 연구에서는 비즈니스 계층은 다음과 같은 설계 업무 및 정보 처리 절차를 대상으로 정의하였다.

(1) 설계 절차: 도면 작성, 모델링 작업, BOM 생성, 생산정보 생성, CAE 등과 같은 설계 및 설계 검증 절차와 PLM 사이의 상호 관계를 의미한다.
(2) 정보 처리 절차 및 정보시스템과 관계: PLM 시스템은 ERP, 생산 계획, 조달 물류 시스템, 생산 관리 시스템과 같은 기업 정보 시스템(Enterprise System)에 정보를 전달하거나, 정보를 받아 처리하므로 기업 정보 시스템과 PLM의 상호 관계를 의미한다.

따라서 이 계층은 설계 절차와 PLM의 관계 대하여 정의하는 역할을 한다. 설계 절차는 초기 설계, 기본 설계, 상세 설계, 생산설계로 이어지는 설계 단계를 포함하며, 각종 설계 도구를 이용한 정보 생성 과정에 대하여 설명하고자 한다. 또한 CAD 시스템을 이용한 BOM 생성 절차를 설명하고자 한다. 현재 조선소에서 BOM 정보 및 제품 구조를 생성하는 방법은 크게 두 가지가 혼재되어 있다.

(1) 설계자가 BOM을 직접 정의: 설계자 또는 구매자가 제품 구조 및 BOM을 직접 생성하며, 이는 CAD 작업과 독립적으로 수행되고 있다.
(2) CAD로부터 BOM 생성: 이는 도면 또는 3차원 형상 정보로부터 직접 부품 별 수량과 사양 정보를 생성하고 있다.

2.5.1 현재의 선박 설계 절차 개요: CAD 중심의 설계 및 제품 정보 관리

현재의 선박 설계 프로세스는 다음의 Fig. 17에 표현한 것과 같이 기간 CAD 시스템에서 제품 모델을 정의하고 있다. 국내 대형 조선소의 대부분은 선박 설계용 기간 CAD 시스템으로 TRIBON, SM3D 등을 이용하고 있으며, 설계 데이터를 개별 파일로 저장하지 않고 데이터베이스에만 저장한다. 이 때문에 기간 CAD 시스템을 변형 개발하여 설계 도면과 모델, BOM의 일부를 관리하는 용도로 확장하여 사용하고 있다.

그러나, 일부 설계 도면, 3차원 모델, BOM 정보 등 제품 정보는 기간 CAD 시스템이 아닌 타 시스템에서 생성되고 있다. 이러한 개별 정보들은 이를 생성한 시스템이 분산하여 관리하는 문제가 있기 때문에 기간 CAD 시스템 외에서 발생한 설계 정보의 변경, 개별 정보들의 기업 정보 시스템과 연계 등이 복잡하게 구성되어 있는 문제가 있다. 예를 들어 제품 WBS를 기간 CAD에서 직접 생성하고, 제품정보를 직접 연계하고 있으나, 타 설계 시스템에서 생성한 일부 WBS의 정보는 CAD 시스템에 정의되어 있지 않기 때문에 제품 전체의 WBS를 일관성 있게 통제하기 어렵다.

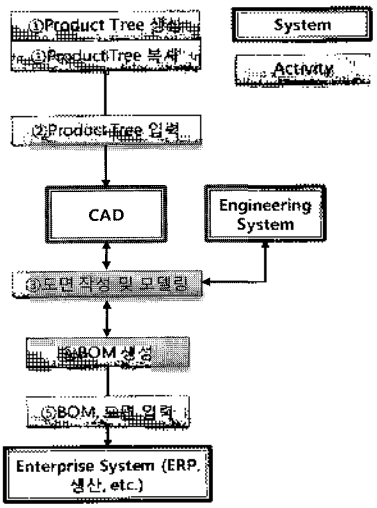


Fig. 17. AS-IS design procedure – CAD oriented.

2.5.2 제안된 선박 설계 절차: 제품 정보 중심의 설계

현재의 설계 프로세스는 CAD 시스템이 아닌 곳에서 생성한 정보의 관리 주체가 불명확한 문제점이 있다는 점은 앞 절에서 언급하였다. 이러한 이유로 CAD이외의 시스템이 제공하는 정보를 저장하고 변경 과정을 처리할 절차에 혼선이 가해지면서 설계 변경 누락 또는 오작의 반복 등이 일어나는 것으로 파악되었다.

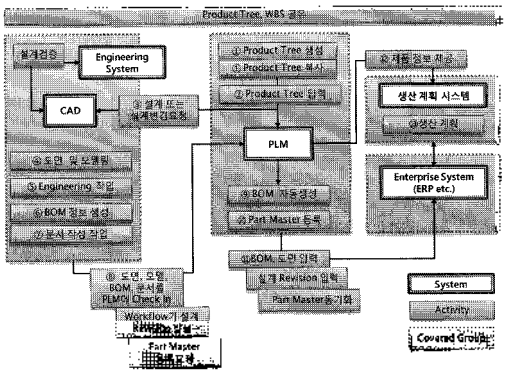


Fig. 18. TO-BE design procedure – PLM oriented.

본 논문에서는 Fig. 18에 보인 것과 같은 설계 절차 모델을 제시하였다. 즉 제품 구조 및 트리 정보 등 모든 정보의 관리는 PLM에 저장하며, 기간 CAD 시스템 및 타 설계 시스템에서 각각의 제품 구조를 분할

Table 4. The features of AS-IS and TO-BE design procedure

특성	내용
제품 구조 생성	· (AS-IS) 제품 WBS를 기간 CAD에서 직접 생성하고, 제품과 3차원 모델, 도면이 직접 연계하고 있으나, 타 시스템에서 생성하거나 추가하는 BOM 정보 및 제품 부품 정보 및 WBS 정보가 기간 CAD에 반영되기 어렵다. · (TO-BE) 제품 구조의 생성을 PLM이 담당하며, CAD는 PLM에서 정의된 제품 또는 부품의 도면, 모델, BOM 정보, 속성 정보만을 생성시키는 역할로 한정한다.
BOM 생성과 변경	· (AS-IS) BOM은 기간 CAD에서 직접 수행하고 있다. · (TO-BE) BOM 정보의 생성은 CAD 시스템에서 수행하지만, 통합된 BOM 정보는 PLM에서 담당하고, 변경에 대한 권한을 PLM이 갖게 되므로 CAD 시스템은 변경 관리에 대한 부가적인 의무를 갖지 않는다.
기업 정보 시스템과 통합	· (AS-IS) 현재는 도면과 BOM 정보만을 기업 정보 시스템에 제공하는 제한적인 역할을 수행하고 있다. · (TO-BE) PLM이 근간이 되므로, 모든 제품정보는 PLM에서 정한 제품 구조와 BOM에 연계하여 관리된다. 따라서 타 시스템의 확장에 따른 정보 생성과 관리의 유연성을 갖는다. 생산계획 시스템도 CAD 시스템이 아닌 PLM으로부터 정보를 연계 되므로, 공지(Release)된 정보만을 참조하여 생산 계획의 정확성을 올릴 수 있다.
CAD의 역할	· (AS-IS) 기간 CAD 시스템 제품 정보 관리의 근간 및 주체가 되어 있음으로 인하여 타 시스템에서 생성한 제품 정보의 누락 및 정보 불일치의 문제가 있다. · (TO-BE) CAD 시스템은 PLM에서 정한 부품의 정보(도면, 모델, 속성, BOM) 만을 생성하는 저작 도구의 역할에 한정한다. 따라서 CAD 시스템은 제품 정보를 담당하는 역할에서 벗어나서 일부의 제품 정보를 작성하는 도구로 만 활용한다. CAD 시스템을 변화하더라도 PLM 시스템은 독립적으로 제품 정보를 관리하므로 시스템 구성과 통합에 유연성을 가질 수 있다.
관리 대상 정보	· (AS-IS) 도면과 모델, BOM 정보를 주요 관리 대상으로 한정하고 있다. 이 때문에 타 정보(참조 문서, 유도 되는 정보, 엔지니어링 정보) 등이 제품 모델과 연계되어 관리 되지 못하는 단점이 있다. · (TO-BE) 설계 도면, 모델, BOM, 기타 문서, 엔지니어링 데이터 등 모든 정보로 확장이 가능하다.

Table 5. Schematic procedure of TO-BE design

	설계 프로세스	방법	사용 시스템 및 기능 모듈
0	호선 프로젝트 정보생성	호선의 기본 정보를 입력함.	PLM의 호선 프로젝트 관리 모듈
1	제품 구조 초안 생성	기존 호선의 제품 구조 복사 및 편집하여 초기 제품 구조를 생성함.	PLM의 제품 구조 관리(생성/편집) 모듈
2	제품 구조 확정 생성	PLM 시스템에 제품 구조 생성, D/P과 설계 WBS 연계한 제품 구조 생성	PLM의 제품 구조 관리 모듈
3	설계 및 설계 변경 요청	제품 구조에서 정의한 각 부품 또는 반조립품의 설계를 CAD 시스템(설계 부서)에 요청함.	D/P 및 설계 프로젝트 관리 모듈
4	도면 작성 및 3차원 형상 설계	CAD 시스템을 이용한 도면 및 3차원 형상 설계를 수행함.	CAD 시스템 이용
5	설계 검증 작업	각종 계산과 실험을 수행하며, 문서와 계산된 결과는 제품 구조의 부품에 연결함.	CAE 도구, 실험, 문서 편집기, 사무용 프로그램 등
6	BOM 정보 생성	설계 된 정보에서 생성함.	CAD의 BOM 생성 모듈
7	문서 작성 작업	문서 및 설계 지시 사항 등을 작성함.	사무용 프로그램
8	데이터 체크인(Check-In)	설계에서 생성한 정보를 PLM에 저장함.	PLM-CAD 인터페이스, 체크인 기능
9	BOM 정보 추가 생성	생산 BOM 또는 구매 BOM 정보를 생성함.	BOM 편집기 또는 제품 구조 관리 기능
10	기준 부품(Part Master) 등록	신규 공용 부품 등록함.	PLM의 기준 부품 등록
11	BOM 도면 등 입력	공지된 설계 정보를 ERP에 입력함.	PLM-ERP 인터페이스 및 데이터베이스 동기화
12	제품 정보 제공	생산 계획 시스템에 정보 제공	생산 계획 시스템
13	생산 계획	생산 일정 계획 수립	생산 계획 시스템

하여 생성/저장한 후 PLM으로 이전하는 체계로 변경하였다. 예를 들어, 각각 독립되어 생성하는 ① 기간 CAD 시스템의 선체 예량 BOM과 ② 네스팅 시스템의 선체 상세 BOM은 동일한 선각 부품을 대상으로 기본 및 상세생산 설계 단계에서 각각 생성하지만, PLM 내의 제품 구조에 연계함으로써 동일한 선각 부품의 BOM 정보가 변화하는 과정을 추적할 수 있을 뿐만 아니라, 정산이 가능하게 할 수 있다. 제안한 설계 절차의 중요한 특징은 아래와 같다.

(1) CAD 시스템의 역할을 설계 도구 및 제품 정보를 생성하는 역할로 한정한다.
(2) PLM 시스템은 CAD 시스템 및 모든 제품 설계 시스템이 생성하는 정보를 관리함으로써 CAD 시스템이 별도로 가진 제품 정보를 보유하는 역할을 수행한다.

Table 4는 현재의 설계 절차와 제안된 설계 절차의 특징을 제품 구조 생성 절차를 비교한 것이며, Table 5는 제안된 설계 절차의 주요 특징을 정리한 것이다.

3. 결 론

PLM을 구축하는 것은 적절한 기능을 가진 시스템을 개발하는 것을 의미할 뿐만 아니라, 전사적인 정보 시스템의 변화, 제품 설계 전략의 변화를 의미하기도 한다. 그러나 이러한 PLM의 구축 및 설계에 있어서 설계/생산 시스템의 특성 및 다양한 요구사항을 체계적으로 고려한 PLM 아키텍처가 선행되어야 한다. 실질적으로 요구사항 및 제품 개발에 있어서 문제점들을 거시적인 관점에서 PLM 구성요소에 반영하는 절차는 매우 중요하다. 따라서 PLM 개발 및 구축과정에서 수백 개 이상의 요구사항을 PLM의 기능뿐만 아니라 적절한 제품 구조, 데이터 구조, 정보 시스템의 변화 등으로 사상하는 일이 매우 중요하다. 따라서 광범위한 PLM 구성 요소의 요구 사항을 반영하기 위해서는 적절한 프레임워크를 바탕으로 진행되어야 한다. 본 연구는 이러한 거시적인 관점에서 조선산업에 적절한 PLM 구성요소를 도출하기 위한 방법으로서 선박 PLM의 상위 프레임워크를 지정하였다. 이를 위하여 네 가지 계층의 PLM 프레임워크를 제안하였다. 제안된 프레임워크를 기반으로 현재의 선박 설계 절차가 가진 이슈를 수집한 후에 선박 제품 구조, PLM 기능 항목, PLM을 이용한 선박 설계 전략 등을 프레임워크를 바탕으로 서술하였다. 또한 설계 과정에서 CAD 시스템과 PLM 시스템의 역할을 통해 설계 절차의 개념적 변화를 제안하였다.

본 연구는 거시적 관점에서 접근하였으나, 향후 각 선박 설계 단계 별로 제품 구조를 상세하게 반영한 제품 구조, 구체적인 기능 요구사항 등을 보완하여 실질적인 선박 PLM 설계로 확장시키는 것이 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 대우조선해양㈜(DSME)가 지원한 제품 정보 통합 관리 시스템 기초 연구 및 한국연구재단 핵심기초연구(R01-2009-0080880, 지능형 Data Interaction 정보를 가진 확장형 선박 PALM 시스템)의 지원을 받아 수행된 연구 결과의 일부이며, 연구 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, J. H., Kim, Y. G., Oh, D. K. and Shin, J. G., "A Functional Review and Prototype for Ship PDM Implementation", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 42, No. 6, pp. 686-697, 2005.
2. Burden, R., PDM: Product Data Management, Resource Publishing, 2003.
3. Saaksvuori, A. and Immonen, A., Product Lifecycle Management, Springer, 2002.
4. Sharma, A., "Collaborative Product Innovation: Integrating Elements of CPI via PLM Framework", *Computer-Aided Design*, Vol. 37, No. 13, pp. 1425-1434, 2005.
5. Schuh, G., Rozenfeld, H., Assmus, D. and Zancul, E., "Process Oriented Framework to Support PLM Implementation", *Computers in Industry*, Vol. 59, pp. 210-218, 2008.
6. Shu, Q. and Wang, C., "A Conceptual Framework for Product Lifecycle Modeling", *Enterprise Information Systems*, Vol. 1, No. 3, pp. 353-363, 2007.
7. Xu, X. S., Fang, S. L. and Gu, X. J., "A Framework for Product Lifecycle Management System", *Management Science and Engineering*, ICMSE '06, pp. 526-530, 2006.
8. Booch, G., Rumbaugh, J. and Jacobson, I., The United Modeling Language User Guide, New York: Addison-Wesley, 1997.
9. Eynarda, B., Gallet, T., Nowak, P., Roucoules, L. and Ducellier, G., "PDM System Implementation based on UML", *Mathematics and Computers in Simulation*, Vol. 70, pp. 330-342, 2006.
10. Whitfield, R. I., Duffy, A. H. B., Meehan, J. and Wu, Z., "Ship Product Modeling", *Journal of Ship*

Production, Vol. 19, No. 4, pp. 230-245, 2003.
11. Oetter, R. and Cahill, P. "Differentiating Product Model Requirements for Ship Production and Product Lifecycle Maintenance (plm)", *Proceedings of COMPIT 2006*, 2006.
12. Caprace, J. D., Rigo, R., Warnotte, R. and Viol, S. L., "An Analytical Cost Assessment Module for the Detailed Design Stage", *Proceeding of COMPIT 2006*, pp. 335-345, 2006.

김 승 현

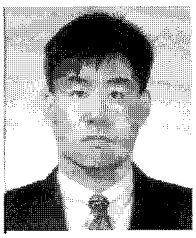
2003년~2009년 인하대학교 선박해양공학과 학사
2009년~현재 인하대학교 조선해양공학과 석사과정
관심분야: PLM/PDM 시스템, CAD/CAM, System Engineering

이 장 현

1988년~1993년 서울대학교 조선해양공학과 학사
1993년~1995년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 석사
1995년~1999년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 박사
1999년~2002년 서울대학교 공학연구소 연구원
2001년~2005년 서울대학교 디지털 선박 신기술 센터 연구원
2001년~2005년 ㈜지노스 대표이사, PLM 컨설팅 사업본부장
2005년~현재 인하대학교 공과대학 선박해양공학과 부교수
관심분야: PLM/PDM 시스템과 e-Manufacturing 시스템, 디지털 선박 생산 시스템(Digital Manufacturing), 선박 가공 역학(Mechanics), 가공/조립 변형 해석, 함정 Modeling & Simulation, 함정 정보 시스템

이 경 호

1988년 서울대학교 조선해양공학과 학사
1990년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 석사
1998 서울대학교 대학원 조선해양공학과 박사
1999년~2002년 서울대학교 공학연구소 연구원
1990년~2003년 한국해양연구원 선임연구원
2002년~2003년 University of Maryland Visiting Researcher
2003년~현재 인하대학교 공과대학 선박해양공학과 부교수
관심분야: Artificial Intelligence in Design, Simulation-Based Design, Data Mining, Evolutionary Computation, Ubiquitous, Augmented Reality, PLM(Product Lifecycle Management)



서 홍 원

1985년 인하대학교 조선공학과 학사
1991년 부산대학교 대학원 공학석사
1991년~현재 ㈜대우조선해양 정보기술 R&D 팀장
관심분야: 조선 CAD, 선박 제품 모델링, 시뮬레이션, 동시공학 설계