시뮬레이션 기반 함정 개발을 위한 함정 제품모델 및 관리시스템 개발

오대균^{†*}, 신종계*, 최양열**, 여용환***

서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소*
쥘지노스**, 방위사업청 함정사업부***

Development of a Naval Ship Product Model and Management System

Dae-Kyun Oh^{†*}, Jong-Gye Shin*, Yang-Ryul Choi** and Yong-Hwan Yeo***

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, and Research Institute of Marine Systems
Engineering, Seoul National University*
XINNOS, Co.** , Defense Acquisition Program Administration ***

Abstract

The Korean navy has made many efforts to apply the concepts of PLM (Product Lifecycle Management) and M&S to its naval design and production. However, most of the efforts that have being applied to some acquisition processes, focused only on the element technologies without information models and data frameworks. This study discusses an information model of naval ships for advanced naval acquisitions. We introduce a naval ship product model, and it refers to the DPD (Distributed Product Description) concept of SBA (Simulation-Based Acquisition). To realize the product model concept, we design a data architecture and develop a Product Model Management System (PMMS) based on a PDM System. It is validated through the case study of building the product model of the battle ship that the PMMS has the applicability to effectively manage the naval ship acquisition data on the basis of a 3D product model.

※Keywords: Naval ship producr model(함정 제품모델), PLM (제품수명주기관리), PDM (제품데이터관리), SBA(시뮬레이션 기반 획득)

접수일: 2007 년 12 월 8 일, 승인일: 2009 년 1 월 5 일

†교신저자: dk5@snu.ac.kr, 02-882-3563

1. 서론

생산비용 절감, 설계기간 단축, 품질 향상 그리고 작업자 환경 개선을 통한 안전 개선과 신속한 소비자 요구 대응 등 이러한 주제들은, 제조업의 불변 과제이자 경쟁력 확보를 위해 반드시 해결해야 할 과제이다(Noh et al. 2006). 이를 위해 CAx 시스템 도입과 더 나아가 PDM(Product Data Management), PLM(Product Lifecycle Management) 등의 개념에 기반을 둔 디지털 매뉴팩처링(Digital Manufacturing)의 도입까지 공학과 IT 기술로써 이 불변의 과제들을 해결하기 위해 제조업체들은 부단히 노력하고 있다.

무기체계 개발환경 또한 무기체계의 변화와 외부 환경의 요인에 따라 변화하고 있다. 과거에는 무기체계 자체의 성능개발 중심의 개발환경 이었다면, 이제는 무기체계의 능력(capability) 중심의 개발환경으로 변화하고 있다. 미래의 전장운용 개념이 디지털화 되어가고, 전투요소들 간의 통합성이 중시되는 네트워크 중심전 개념이 도입되면서 무기체계 또한 이에 부합하는 첨단 복합시스템(SoS : System of Systems)으로 진화해가고 있다. 또한 냉전 종식 이후 국방예산의 감소와 국지전 및 테러의 위험 증가 그리고 IT 기술의 발전 등 외부 환경의 요인도 무기체계 개발환경의 진화를 가속화 하고 있다.

이러한 개발환경의 변화에 따라 시스템엔지니어링(SE : Systems Engineering), SBD(Simulation-Based Design) 등의 개발 패러다임을 도입하여 활용하고 있으며, 90년대 후반부터는 제품정보를 중심으로 M&S 기술을 활용하여 무기체계를 획득하는 SBA(Simulation-Based Acquisition) 개념(Johnson et al. 1998)을 적용해오고 있다.(ADD 2007) SBA는 무기체계 획득프로세스 전반에 걸쳐 M&S를 활용하는 것으로써, 그 중심에 디지털 제품의 정보를 바탕으로 하고 있다. Fig. 1은 SBA 개념이 적용된 미국방성 프로젝트인 JSF(Joint Strike Fighter)의 획득프로세스 개선 개념을 보이고 있다. M&S를 JSF 전 획득프로세스에 걸쳐 활용하는 것이 핵심이며, JSF 개발과 관련된 모든

Fig. 1 Hub of the IPPD Process(Hollenbach and Hartnett 2000)

정보를 공유, 활용함으로써 소요기획부터 전력화 단계까지 IPPD(DoD 1998) 활동을 지원한다는 개념이다. 무기체계 획득의 중심에 디지털 제품정보인 분산 제품기술서(DPD Distributed Product Description)를 중심으로 획득 프로세스를 개선해 나감으로써 획득 문화의 변화를 만들어가는 것이 SBA이다.

함정은 상선의 특성을 갖고 있으면서 동시에 무기체계로써의 특성도 갖고 있다. 공학적으로 상선의 일반적인 성능과 무기체계로써의 특수한 성능 요구조건을 만족해야 하기 때문이다. 개발 프로세스 또한 선도함 전력화, 탑재 무기체계 구매/개발 프로세스의 동시진행, 함정건조 동시에 운용준비 등 함 건조 프로세스의 특성과 함께 무기체계의 특성을 갖고 있다(RIMSE 2007). 이러한 특성 때문에 시뮬레이션의 활용이 매우 필요하지만 반면에 이를 위한 인프라 구축에 어려움 있는 실정이다.

함정 획득프로세스에 PLM, 디지털 매뉴팩처링 개념을 적용하기 위한 다양한 연구가 수행되었다. 해군은 획득 데이터를 체계적으로 관리하기 위해 EDMS 기반의 조함기술정보시스템을 개발한 바 있다. Lee et al.(2004)은 함정 디지털 목업(DMU)을 함정 개발 평가에 활용하기 위한 연구를 수행하였으며, Jung and Lew(2005)와 Oh et al.(2007)은 PLM을 함정 획득프로세스에 적용하기 위한 연구를 수행하였다. 지금까지 수행된 선행연구는 대부분 PLM 요소기술을 함정 획득프로세스에 적

용하는데 중점을 두었으며, 요소기술 활용을 위한 데이터 프레임워크 즉, 디지털 함정에 대한 연구가 미흡하였다.

시뮬레이션 기반의 무기체계 획득 환경을 구축하기 위해서는 디지털 제품 즉, 개발하고자 하는 제품의 데이터 모델 정의가 선행되어야 한다. 이를 중심으로 무기체계 획득을 위한 협업환경을 구축할 수 있으며, 획득프로세스를 거치면서 축적된 데이터는 함정 수명주기관리 개념을 실현하기 위한 데이터 프레임워크가 된다.

본 논문에서는 디지털 함정, 즉 함정 제품모델의 개념과 이를 구체적으로 표현하기 위한 데이터 아키텍처에 대한 연구를 수행하였다. 실제 함정을 디지털 함정으로 표현하기 위한 개념을 정의하고 기 건조된 함정의 획득데이터 분석을 통하여 함정 제품모델의 데이터 아키텍처를 정의하였다. 또한 정의한 함정 제품모델 개념을 바탕으로 획득되는 데이터를 DB로 구축하고 관리하기 위한 데이터베이스 시스템을 개발하였다. 함정 제품모델과 제품모델 관리시스템의 효용성을 검증하기 위해 사례 함정의 획득 데이터를 기반으로 함정 제품모델 DB를 구축하였다.

2. 함정 제품모델(Naval Ship Product Model)

실제 함정을 디지털 함정으로 표현하고 이를 데이터베이스로 구축하기 위해서는 디지털 함정의 정보 스키마 정의가 필요하다. 함정 제품모델을 구축하기 위해서는 설계와 건조를 위한 엔지니어링 데이터와 같은 제품 데이터, 개발 프로세스와 획득 WBS(Work Breakdown Structure) 등 프로세스 데이터 그리고 제품 데이터와 프로세스 데이터를 기반으로 얻어진 함정의 형상정보인 제품형상 등 복잡하고 수 많은 정보로 구성, 표현될 것이다.

본 연구에서는 Kean et al.(2000)이 제안한 CERSA(Collaborative Environment Reference Systems Architecture)의 협업환경 구성요소 중 시뮬레이션의 자원(resource)인 분산제품기술서(DPD : Distributed Product Description)를 참조하

여, 함정 제품모델의 개념과 이를 표현하기 위한 구성요소를 정의하였다.

2.1 함정 제품모델의 개념

디지털 함정을 표현하기 위한 구성요소를 제품형상(Product Shape), 제품 데이터(Product Data), 프로세스 데이터(Process Data)로 정의하였다.

제품형상은 hull, 상부구조물, 탑재장비, 무기체계 등 함정을 구성하고 있는 형상 컴포넌트(component)를 의미하고, 제품 데이터는 도면, 엔지니어링 정보, 탑재장비 정보 등 함정과 함정을 구성하고 있는 컴포넌트의 정보(속성 혹은 자료의 형태)를 의미하며, 프로세스 데이터는 개발 프로세스, 획득 WBS 등 함정의 개발, 생산과 관련된 획득 프로세스를 표현하는 요소를 의미한다. 이렇게 표현된 함정 제품모델은 개발 프로세스 동안은 물론이고 실제 함정의 수명주기에 걸쳐 병행 운용되며, 신규 함정 개발에 실적으로써 시뮬레이션 리소스를 제공하게 된다. Fig. 2는 시뮬레이션 기반 함정 획득 개념 내에서 함정 제품모델의 역할을 설명하고 있다.

Fig. 2 Naval ship product model in simulation-based acquisition for naval ships

즉, 함정 제품모델은 획득 데이터를 논리적으로 연계하여 표현함으로써 효과적인 시뮬레이션과 리소스 관리를 가능하게 하는 함정의 제품기술(product description)이라 할 수 있다.

2.2 함정 제품모델 구성요소의 구체화

획득 프로세스의 분석을 통해 함정 제품모델의 구성요소를 구체화하였다. 함정 개발을 위해 생성

된 모든 데이터를 획득 데이터(acquisition data)라 정의하고 이를 제품형상, 제품 데이터, 프로세스 데이터로 분류하였다. 특히, 조전소로부터 획득되는 설계 및 건조와 관련된 제품 데이터를 기술데이터(technical data)라 정의하였다. 획득 데이터는 속성(attribute) 혹은 데이터베이스 등 데이터로 표현되는 것과 문서 혹은 도면 등 자료로 표현되는 것으로 구분할 수 있다. 예를 들어, 탑재장비의 모델명, 제작사 등은 탑재장비 모델 컴포넌트의 속성으로 표현할 수 있고, 설계단계 별 획득 액티비티는 데이터베이스로 표현되며 G/A, 선도 등은 도면 자료로 표현된다. Fig. 3은 획득 데이터 사례와 함정 제품모델 구성요소 간의 매핑과정을 보이고 있다.

이렇게 도출된 획득 데이터 사례들을 일반화(abstraction)하여 제품기술 구성요소로 매핑함으

Resource Components		Acquisition Data
Product Shape	Assembly Components(CAD Model)	Platform/Functional Components
	(Other)	어셈블리 모듈의 조합 등
Product Data	Drawings	G/A, Lines, G/C, 블록조립도 등
	Design Information	설계/해석관련 자료 및 보고서 등
	Engineering Information	물성치, 두께 등 3D 모델의 재료특성
	Production Information	장비 해지도, 조립도 등
	Equipment Information	모델명, 제작사, 설치격실 등
	Cost Information	장비가격, 투입공수, 계약/구매 데이터 등
	Technical information	설치 매뉴얼, 유지보수 매뉴얼 등
Process Data	(Other)	행정문서, 보고서 등
	Acquisition Phase	함종 별 설계단계 데이터
	Acquisition Activity	설계단계 별 획득활동 WBS 데이터
	Ship Work Breakdown Structure	SWBS Code 데이터

Fig. 3 Resource components of a naval ship product model

Fig. 4 Naval ship product model (represented by resource components)

로써 함정 제품모델을 구체적으로 정의하였다. Fig. 4는 제품기술 구성요소의 구체화 과정을 통한 함정 제품모델 정의 개념을 보이고 있다.

2.3 함정 제품구조와 스켈레톤 모델의 개념

제품형상, 제품 데이터, 프로세스 데이터를 함정의 특성에 맞춰 유기적으로 연계하여 표현하기 위해서는 중심 데이터 스트럭처가 필요하다. 일반적으로 제품개발에 필요한 데이터를 일관되고 효과적으로 사용 및 관리하기 위해 제품 데이터 모델(product data model)을 정의해서 사용하며, 이를 어셈블리 스트럭처(assembly structure)를 중심으로 연계하여 표현한다(Do 2007). 하지만 선박의 경우 설계 데이터의 재사용성이 낮고 데이터의 양이 매우 크기 때문에 제품구성(product configuration) 개념을 적용하기가 힘들다. 하지만 함정개발의 경우 획득관점에서 봤을 때, 획득 데이터를 3D 함정 디지털모델 중심으로 관리하고 이를 개발 프로세스에 활용한다는 데이터 관점(product view)이 명확하다. 또한 상선과 달리 함종에 따른 기능적 유사성을 갖기 때문에 탑재되는 장비 정보의 재사용성이 높다. 그렇기 때문에 함정 디지털 모델을 구성하는 어셈블리 컴포넌트를 잘 추상화하면 공통된 제품구조의 정의가 가능하며, 이를 기본으로 하면 함정 제품모델을 효과적으로 구축할 수 있고 구축된 함정 제품모델을 시물레이션 지원 데이터로써 활용하는데 유용하다.

본 연구에서는 함종 별 20 여 척의 설계 데이터를 분석한 결과, 함정 디지털 모델은 1000 여개의 어셈블리 컴포넌트로 구성되어 있었다. 이

Sub System	Assembly Components
Hull Structure	Shell Plating, Hull Appendages, Framing, Superstructure, Combustion Exhaust Gas Systems...
Propulsion Plant	Main Propulsion Systems in Engine Room, Auxiliary Machinery Systems, Propellers, Shafting...
Auxiliary	Rudders, Anchoring System, Stowage and Handling...
Outfit and Furnishing	Hull Fitting, Nonstructural BHDs and Partitions...
Armament	Command and Surveillance Systems, Armaments...
Major Spaces	Pilot House, CIC, CCS, Officer Room...

Fig. 5 Naval ship digital model constituted by assembly components

컴포넌트들을 함정의 작업분할구조인 SWBS(Ship Work Breakdown Structure) 개념을 적용하여 100여 개의 어셈블리 컴포넌트로 구성된 6 개의 그룹으로 정리하였다. Fig. 5는 함정 제품모델을 구성하고 있는 제품형상 컴포넌트를 정리한 테이블을 보이고 있다.

이렇게 정리한 어셈블리 컴포넌트는 데이터의 중복성을 줄일 수 있고 형상과 속성정보의 재사용성이 높은 컴포넌트와 그렇지 않은 컴포넌트로 나눌 수 있다. 주로 조선소에서 생산하는 도급장비(Fig. 5에서 Hull Structure, Propulsion Plant 류 등)의 경우 재사용성이 낮고, 무장, 통신체계 등 소요군으로부터 사양(specification)이 미리 정의된 관급장비(Fig. 5에서 Armament, 주요 격실 내 장비 등)는 대체적으로 재사용성이 매우 높다. 도급류의 경우 선박의 구조적 특성을 결정 짓는 요소로써 어셈블리 스트럭처의 역할을 하며, 관급류의 경우 카탈로그 개념을 적용하여 DB화 함으로써 재사용을 높일 수 있다. 앞서 정리한 어셈블리 컴포넌트 중 도급류 어셈블리 컴포넌트를 추상화하여 110여 개 아이템으로 정의된 함정 제품구조(Naval Ship Product Structure)를 정의하였다. Fig. 6은 수상함 함정 제품구조의 함 외판 부가물 부분(level 3까지)을 보이고 있다.

함정 제품구조는 함정의 형상(외형)을 결정 짓고 이를 기반으로 관급장비를 어셈블리함으로써 함정의 기능적 측면을 정의할 수 있다. 이렇게 정의된 함정 제품구조에 획득 데이터를 연계함으로써 획득 데이터를 유기적으로 연계하여 표현할 수 있다. 즉, 함정 제품구조는 함정 제품모델을 구축하기 위해 제품기술 구성요소를 유기적으로 표현하기 위한 추상화된 구성정보이다.

함정 제품구조는 일반적인 함정의 구조정보를 추상화한 정보이기 때문에, 실제로 사용하기 위해서는 구체화 과정이 필요하다. 즉, 목적함정(design-ship)에 맞게 함정 제품구조를 바탕으로 편집이 필요한데 그 결과를 스켈레톤 모델(skeleton model)이라 정의하였다. Fig. 7은 함정 제품구조와 스켈레톤 모델 간의 관계를 개념적으로 보이고 있다.

Fig. 6 Product structure sample (hull structure)

Fig. 7 Naval ship product structure and skeleton model

2.4 함정 제품모델 데이터 아키텍처

제품형상 즉 어셈블리 컴포넌트는 스켈레톤 모델을 중심으로 어셈블리하고 여기에 제품 데이터와 프로세스 데이터를 연계하여 함정 제품모델을 구축한다. 여기에서 제품형상과 제품 데이터 그리고 프로세스 데이터의 공통 분모는 SWBS 코드가 된다.

제품 데이터(Fig. 3의 Product Data의 구성요소)는 어셈블리 컴포넌트를 구성하고 있는 CAD 모델의 속성에 반영되는 데이터와 프로세스 데이터로 정리할 수 있는 도면 보고서 등의 자료로 구성되어 있다. 속성 데이터는 SWBS에 맞춰 제품형상의 구성요소인 장비 CAD 모델에 반영되고, 자료 형태의 제품 데이터는 함정 개발 단계, 획득 액티비티 등 개발 프로세스에 맞춰 정리할 수 있다.

Fig. 8 Data architecture of a naval ship product model

즉 어셈블리 컴포넌트는 스켈레톤 모델로, 제품 데이터는 프로세스 데이터로 연계하여 표현할 수 있으며, 제품형상과 제품 프로세스는 SWBS 코드를 중심으로 연계함으로써 함정 제품모델을 표현할 수 있다. Fig. 8은 이러한 개념을 정리하여 표현한 함정 제품모델의 데이터 아키텍처를 보이고 있다.

2.5 함정 제품모델 구축 프로세스

앞서 함정 제품모델의 구성요소와, 이를 표현하기 위한 데이터 아키텍처를 정의하였다. 본 절에서는 앞서 정의한 자료구조를 이용하여 함정 제품모델을 구축하는 경우에 대한 프로세스를 정리하였다. Fig. 9는 상세설계 후 획득 데이터를 중심으로 함정 개발 프로세스에 따라 제품모델 구축 과정을 정리한 것이다. 상세설계 획득단계에 맞는 WBS를 생성하고 여기에 제품구조 템플릿을 참조하여 목적함정에 맞는 함정 제품구조를 상속 받는다. 상속 받은 함정 제품구조를 상세설계 결과를 바탕으로 목적함정의 구조형상과 기능에 맞춰 제품구조의 아이템을 편집하여 스켈레톤 모델을 구

성한다.

상세설계를 바탕으로 선체와 탑재장비를 구성하는 CAD 모듈을 모델링 한다. 미리 정의한 스켈레톤 모델을 기반으로 모델링이 완료된 어셈블리 컴포넌트를 조립한다(Naval Ship Digital Model 구축). 이와 함께 상세설계 데이터를 SWBS 분류코드를 바탕으로 DB를 구축한다(기술 데이터 DB 구축).

준비된 함정 디지털 모델과 기술 데이터 DB를 스켈레톤 모델과 획득 액티비티를 중심으로 SWBS 정보를 이용하여 연계한다. 두 데이터 간의 연계정보 생성(Fig. 8에서 level I과 level II) 구현 방법과 제품모델 구축을 위한 시스템에 대해서는 다음 장에서 기술한다.

3. 함정 제품모델 데이터베이스 시스템 (PMMS)

함정 제품모델을 효과적으로 구축하고 관리하기 위해서는 기반 시스템이 필요하다. 이는 함정 획득 프로세스에 걸쳐 시물레이션을 지원하기 위한 데이터 프레임워크로서 역할을 하며, 더 나아가 협업환경 구축을 위한 기반이 될 것이다. 본 연구에서는 앞서 정의한 데이터 아키텍처와 제품모델 구축 프로세스 지원을 위한 데이터베이스를 모델링하고 이를 바탕으로 함정 제품모델 구축과 관리를 위한 시스템(PMMS : Product Model Management System)을 개발하였다. 제품모델 관리시스템은 다쏘시스템 사의 ENOVIA SmarTeam을 기반으로 개발하였다.

Fig. 9 Building process of a naval ship product model

3.1 제품형상과 제품 데이터의 연계 구현

함정 디지털 모델을 구성하고 있는 어셈블리 컴포넌트의 CAD 모델과 제품 데이터 그리고 이들과 프로세스 데이터 간의 연계를 위해서 연계정보(link-information)이라는 개념을 정의하였다.

link-information 은 크게 두 가지 개념으로 구성되어 있다. 첫째는 어셈블리 컴포넌트를 구성하고 있는 관/도급 류 CAD 모델의 정보를 제품모델 관리시스템(PMMS)에서 관리하기 위한 CAD-PDM Property Mapping 개념이고 둘째는 PMMS 에 저장된 CAD 모델과 제품 데이터(기술 데이터), 프로세스 데이터와의 연계를 위한 링크 개념이다.

CAD-PDM Property Mapping 개념은 제품 데이터 중 CAD 모델에 반영된 attribute 를 CAD 모델과 함께 PMMS 에서 관리하기 위한 것이다. Fig. 10(좌)에서 볼 수 있듯이 CAD 모델에 파라미터를 정의하고 여기에 제품 데이터에서 관련된 속성을 반영하면 이는 PMMS 내의 CAD 모델 관리를 위한 CAD Model 클래스로 관리한다. 실제 CAD 모델은 PDM 시스템의 볼트(vault)를 통하여 관리하며 CAD 모델을 관리하기 위한 클래스와 실제 모델 파일 간의 관리는 PDM 시스템의 기본 기능을 활용하였다.

어셈블리 컴포넌트의 CAD 모델 정보 관리를 위한 CAD Model 클래스 는 제품 데이터 관리를 위한 클래스, 프로세스 관리를 위한 클래스와 링크 개념으로 연계되어 있다. 관/도급 CAD 모델은 그 장비의 분류에 따라 SWBS 코드 정보를 갖고 있으며 마찬가지로 기술 데이터 또한 SWBS 코드 정보를 갖고 있다. Fig. 10(우)에서 볼 수 있듯이 CAD 모델과 기술 데이터의 SWBS 코드를 기준으로 두 데이터 간에 link-information 를 생성하여 PMMS 에서 관리한다. 프로세스 데이터 관리를 위한 WBS 또한 각 WBS 하위의 액티비티들이 SWBS 와 관련되어 있기 때문에 제품 데이터는 프로세스 데이터와 연계하여 관리가 가능하다.

데이터 연계를 위한 개념은 객체지향 개념을 적용하여 모델링하고 PDM 시스템에서 일반 링크 개념인 associative-link 개념을 차용하여 구현하였다. CAD 모델을 구성하고 있는 각 파트들 간의

어셈블리 정보 관리는 PDM 솔루션이 제공하는 기본 기능을 이용하여 구현하였다.

3.2 데이터베이스 모델링

함정 제품구조, 스켈레톤 모델 개념 그리고 이를 포함하는 데이터 아키텍처와 함정 제품모델 구축 프로세스를 반영하여 데이터베이스를 모델링하였다. Fig. 11은 PMMS 의 데이터베이스 설계를 위한 DB 스키마로써 함정 제품모델을 중심으로 표현하고 있다.

함정 제품모델은 함정 제품구조 템플릿 데이터를 기반으로 목적항정에 맞게 구성(configuration)한 스켈레톤 모델을 기반으로 하며, 이를 바탕으로 조선소에서 생산하는 도급장비류 CAD 모델을 어셈블리 한다. 탑재장비는 카탈로그 개념을 적용하였다. 미리 정의한 분류체계에 맞춰 DB 로 구축하며, 카탈로그로부터 해당 관급장비 CAD 모델을 참조(reference)하여 스켈레톤 모델에 추가 어셈블리 하는 개념으로 정의하였다. 장비 CAD 모델은 장비의 속성정보와 함께 SWBS 코드를 갖고 있으며 이를 이용하여 WBS 와 link-information 을 생성함으로써 제품 데이터와 연계할 수 있다(Fig. 11의 Level I Product Shape).

함정 개발 프로세스 중 획득되는 기술 데이터는 크게 도면과 문서로 구분을 하였으며, 이 역시 SWBS 코드 정보를 기반으로 WBS 에 분류 저장하고, 장비 CAD 모델과 연계할 수 있다(Fig. 11의 Level II Product Data).

획득 데이터 관리를 위한 WBS 는 함 종과 획득 단계 그리고 단계별 액티비티를 미리 DB 화하여 획득단계에 맞는 WBS 를 생성하도록 정의하였다. 이렇게 생성된 WBS 또한 SWBS 코드 정보를 갖고 있기 때문에 장비 CAD 모델 그리고 기술 데이터 및 관련 문서들과 link-information 을 생성할 수 있다(Fig. 11의 Level III Process Data).

즉, 스켈레톤 모델을 중심으로 표현한 함정 디지털 모델과 획득 WBS 를 중심으로 구조화한 제품 데이터를 SWBS 코드 정보를 기반으로 통합함으로써 개념적으로 분류한 제품형상, 제품 데이터 그리고 프로세스 데이터를 유기적으로 연계가능

Fig. 10 Link-information concept for linkages between product shape and product data

Fig. 11 Database logical schema of the naval ship product model management system

하도록 모델링 하였다. 이렇게 정의한 데이터베이스 논리 스키마를 중심으로 PMMS의 기능적인 측면을 반영하여 약 350여 개의 테이블로 구성된 PMMS 데이터베이스를 설계하였다.

3.2 제품모델 관리시스템 기능구현 사례

3.2.1 Product Structure Configuration

함정의 구조정보를 추상화한 제품구조 템플릿을 DB화하여 활용할 수 있도록 구현하였다.

Fig. 12는 목적함정의 제품구조 정의를 위해 미리 정의된 템플릿으로부터 유사선의 제품구조를 활용하는 사례를 보이고 있다. 유사선의 제품구조를 구조복사 기능을 이용하여 목적함정의 제품모델 구축을 위한 프로젝트 하위의 WBS로 복사한다. 이 때 복사된 제품구조의 하위 아이템은 템플릿과는 다른 object ID를 갖게 되어 PMMS에서 별도의 구조 아이템으로 인식된다.

복사한 제품구조는 목적함정의 형상과 기능적

특징에 맞춰 편집하여 제품모델 구축을 위한 스켈레톤 모델을 구성하게 된다.

Fig. 13은 구성이 완성된 스켈레톤 모델을 PMMS로부터 CAD 시스템으로 로드하여 hull structure 관련 어셈블리 컴포넌트를 조립하는 화면이다.

3.2.2 장비 카탈로그 개념 구현

Fig. 11 DB 모델링에서 볼 수 있듯이, 장비 CAD 모델을 탑재장비와 집기류(격실 내 가구, 기기 등) 두 가지로 분류하여 카탈로그 개념을 적용하였다. 장비의 CAD 모델 및 속성정보를 SWBS 코드 정보를 바탕으로 DB로 구축할 수 있도록 구현하였으며, DB로 구축된 장비 모델은 함정 제품 모델에 참조(reference)하여 사용할 수 있다. 또한 새로이 추가되는 장비의 경우 장비분류체계에 맞춰 카탈로그에 추가 등록하여 활용할 수 있다. 특히 무기, 지휘, 통제 체계 등의 관급장비류는 데이터의 중복성이 높기 때문에 카탈로그로 구축할 경우 재사용성과 활용성을 높일 수 있다.

Fig. 14는 함정 제품모델 샘플의 추진계(propulsion plant) 부분을 보이고 있다. 추진계를 구성하고 있는 장비 중 많은 부분을 장비 카탈로그로부터 참조함으로써 모델링 공수를 줄일 수 있었다. Fig. 14는 추진계를 구성하고 있는 모델 중 Reduction Gear의 속성을 조회하는 모습을 보이고 있다.

Fig. 12 Example of the copy the product structure from product structure templates

Fig. 13 Example of the naval ship digital model assembled in accordance with the skeleton model structure

Fig. 14 Example of reusing equipment cad models by using the embarked equipment catalog

Fig. 15는 함정 제품모델 샘플의 격실 중 일부를 보이고 있다. 주요 격실에는 지휘 및 통제를 위한 장비도 많지만 가구 혹은 일반 사무기기 등도 많기 때문에 카탈로그의 활용이 매우 높다. 격실 내 장비 및 집기류 뿐만 아니라 외형 장비의 경우 함 중에 따라 유사성이 매우 높기 때문에 새로운 함정의 개발과 제품모델의 구축 등에 매우 유용하게 활용될 수 있다.

Fig. 15 Example of reusing equipment cad models by using the appliance catalog

3.2.3 획득 데이터 DB 구축

획득 데이터는 함정 획득 프로세스에 걸쳐 생성되는 모든 데이터를 의미하며 이를 효과적으로 DB로 구축하여 관리하기 위해 프로세스 데이터를 기반으로 분류, 관리하도록 구현하였다. 특히, 조선소로부터 획득되는 기술 데이터의 경우는 주요 설계단계 종료 후에 일시적으로 많은 양의 데이터가 입수되기 때문에 별도의 데이터 이전 (migration) 툴을 개발하였다.

도면과 기술문서 등 함정 설계, 건조와 관련된 데이터를 미리 정의된 규칙에 따라 DB로 구축하

Fig. 17 Example of DB construction of acquisition data in accordance with acquisition activity and the swbs

고, 데이터 이전 툴을 이용하여 PMMS로 이전/등록하도록 구현하였다. Fig. 16은 미리 정의된 획득 WBS에 맞춰 조선소로부터 생성된 기술데이터 DB를 PMMS로 이전하고 있는 사례이다.

Fig. 17은 획득 WBS에 맞춰 획득 데이터를 DB로 구축한 사례이다. 함종과 획득 단계에 맞춰 WBS는 미리 DB화 되어 있으며, 함정 제품모델 구축을 위한 프로젝트 하위에 생성되도록 구현하였다. Fig. 17는 전투함의 상세설계 획득 데이터를 DB로 구축한 화면이다.

Fig. 16 Example of the migration of product data obtained from the shipyard by using migration tool

3.2.4 link-information 생성과 데이터 통합

앞서 정의한 link-information 개념을 적용하여 획득 데이터와 CAD 모델 간에 연계 정보를 생성하여 각 데이터를 유기적으로 관리할 수 있도록 구현하였다. 획득 WBS에 맞춰 구축된 획득 데이터 DB와 함정 디지털 모델을 구성하고 있는 어셈블리 컴포넌트 사이에 SWBS 코드 정보를 이용하여 link-information을 생성하고 이를 별도의 DB로 관리하도록 하는 link-information 생성 툴을 개발하였다.

Fig. 18은 획득 데이터와 어셈블리 컴포넌트 사이에 생성된 link-information을 활용하여 PMMS 내에서 관련된 정보를 조회하는 화면이다. 함정 제품모델 샘플의 어셈블리 스트럭처에서 hull

Fig. 18 Example of the query result of technical data linked with hull structure components on the PMMS

Fig. 19 Example of the query result of technical data linked with bilge keels components on the CAD system

structure와 관련된 기술 데이터를 조회한 결과이다.

Fig. 19는 함정 제품모델 샘플 중 일부를 CAD 시스템으로 로드하고 bilge keel과 관련된 도면 및 기술 데이터를 PMMS로 부터 검색한 결과 화면을 보이고 있다.

4. PMMS를 이용한 함정 제품모델 구축 사례

본 연구에서 개발된 시스템의 효용성을 검증하기 위해 PMMS를 이용하여 Fig. 9의 구축 프로세

스에 따라 함정 제품모델 사례를 구축하였다. 기건조된 전투함 000을 대상으로 하였으며, 상세설계 데이터를 기반으로 어셈블리 컴포넌트를 모델링 하였고 상세설계와 건조 그리고 각종 관련된 기술 데이터를 획득 데이터 DB로 구축하였다. 함정 제품모델을 구축하는 과정을 간략히 기술하면 다음과 같다.

4.1 획득 WBS 생성과 스켈레톤 모델의 구성

전투함 함 중 프로젝트 하위에 함 건조 프로젝트를 생성하고 상세설계 획득 단계에 맞는 획득 WBS를 생성한다(Fig. 20).

획득 WBS 하위 아이템 중 스켈레톤 모델 하위에 함정 제품구조 템플릿으로부터 수상함 제품구조를 복사한 후 상세설계 결과에 맞도록 스켈레톤 모델을 구성한다.

Fig. 20 Acquisition WBS generation in accordance with ship classes and design phases

4.2 어셈블리 컴포넌트의 모델링과 디지털 모델 구축

상세설계와 건조 데이터를 기초로 하여 선체와 탑재장비 등 어셈블리 컴포넌트를 모델링 한다. 선체를 기반으로 추진계, 보기류 및 주요 격실 등의 sub system을 모델링하며, 탑재장비 혹은 격실 내 장비의 경우 장비 카탈로그를 활용하여 장비 CAD 모델을 재사용한다. 탑재장비의 경우 탑재장비 목록을 기준으로 함 외형과 격실 내 장비

로 구분하여 모델링을 수행한다.

모델링이 완료된 어셈블리 컴포넌트는 스켈레톤 모델 구조를 기반으로 조립위치와 간섭을 고려하여 어셈블리를 수행한다(Fig. 21, Fig. 22). 선체를 조립한 후 격실 및 탑재장비 어셈블리를 수행하여 디지털 모델을 완성한다.

Fig. 21 Modeling of hull structure and embarked equipments in accordance with the skeleton model

Fig. 22 Modeling of major rooms and equipments in the rooms in accordance with the skeleton model

4.3 기술 데이터 DB 구축과 link-information 생성

조선소로부터 획득한 상세설계 데이터를 로컬 DB

로 구축한 후, 데이터 이전 틀을 이용하여 유관 기관으로부터 획득한 데이터와 함께 기술 데이터 DB 를 구축한다. 앞서 구축한 디지털 모델과 기술 데이터 DB 를 획득 WBS 중심으로 연계(Fig. 23)하여 최종적으로 제품모델을 구축한다.

Fig. 24는 사례로 구축한 전투함의 제품모델을 보이고 있다.

Fig. 23 Generation of link-information between the assembly components and technical data

Fig. 24 Naval ship product model of the battle ship ooo on the pmms

5. 고찰 및 결론

본 연구에서는 함정 제품모델을 구체적으로 표

현하기 위한 자료구조와 이를 데이터베이스로 구현하기 위한 데이터 아키텍처를 제안하였다. 그리고 제안한 데이터 아키텍처를 기반으로 함정 제품 모델을 구축하고 활용하기 위한 시스템인 PMMS를 개발하였으며, 이를 이용하여 전투함의 제품 모델 구축을 수행하였다. 그 결과 다음과 같은 효용성을 확인할 수 있었다.

- 제품구조 템플릿 DB를 이용하여 효과적인 스킴레톤 모델 정의가 가능하였다.
- 장비 카탈로그를 활용함으로써 모델링 시간을 줄일 수 있었으며, 장비 CAD 모델 DB를 확보할 수 있었다.
- 설계/건조 데이터가 반영된 제품모델로써 실적선 DB 확보가 가능하였다
- 데이터 연계개념을 적용하여 체계적으로 데이터를 통합할 수 있었으며, 이를 통해 효과적인 데이터 관리 및 조회가 가능하였다.

본 연구에서 제안한 함정 제품모델 개념과 PMMS를 함정 획득 프로세스에 활용한다면, M&S를 위한 시뮬레이션 리소스를 효과적이고 경제적으로 지원할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 획득 데이터를 바탕으로 구축된 함정 제품모델 DB는 시뮬레이션 기반 함정획득 환경구축을 위한 데이터 프레임워크로써 그 역할을 기대할 수 있겠다.

후 기

본 연구는 2007년도 두뇌한국(BK)21 사업에 의하여 지원 받아 수행되었습니다. 그리고 본 연구를 위해 많은 배려와 도움을 주신 방위사업청에 깊은 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

- Do, N.C., 2007, Introduction to PLM and Its Applications, Life & Power Press, Korea.
- DoD(Department of Defense), 1998, Integrated Product and Process Development Handbook, Office Of The Under Secretary of Defense,

U.S..

- Hollenbach, J.W. and Hartnett, R.J., 2000, "The Joint Strike Fighter(JSF) Distributed Product Description," Simulation Interoperability Workshop.
- Johnson, M.V.R., McKeon, M.F. and Szanto, T.R., 1998, Simulation-Based Acquisition: A New Approach, Defense Systems Management College Press, U.S.A..
- Jung, Y.H. and Lew, J.M., 2005, "IPDE(Integrated Product Data Environment) Implementation Method for the Application of Naval Ship PLM(Product Lifecycle Management)," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 6, pp. 698-709.
- Keane, J.F., Lutz, R.R., Myers, S.E. and Coolahan, J.E., 2000, "An Architecture for Simulation Based Acquisition," JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST, Vol. 21, No. 3, pp. 348-358.
- Lee, C.M., Lee, J.H., Kim, Y.G., Kim, W.D. and Shin, J.G., 2004, "3D Digital Mockup and Simulation based Verification for Warship Design," Proceedings of the Annual Spring Meeting, SNAK, pp. 225-230.
- Noh, S.D., Shin, J.G., Jee, H.S. and Yim, H.J., 2006, CAD, Digital Manufacturing and PLM, Sigma Press, Korea.
- Oh, D.K., Kim, Y.G., Jeong, Y.H., and Shin, J.G., 2007, "IPDE (Integrated Product Data Environment) Implementation for Korea Warship PLM", Workshop of the Society of CAD/CAM Engineers, Korea.
- RIMSE(Research Institute of Marine Systems Engineering, Seoul National University), A Study of Infrastructure for Concept Design of Naval Ships, Seoul National University, Korea.

< 오 대 균 >

< 신 종 계 >

< 최 양 열 >

< 여 용 환 >