

## 이 기종 조선 PLM 시스템 간 BOM Data 교환을 위한 조선 온톨로지 Framework 구축

김대석\*\*, 이경호\*, 이정민\*\*, 이광\*\*, 김진호\*\*

### Building and Applying Shipbuilding Ontology for BOM Data Interoperability in Heterogeneous Shipbuilding PLM Systems

Dae-Seok Kim\*\*, Kyung-Ho Lee\*, Jung-Min Lee\*\*, Kwang Lee\*\* and Jin-Ho Kim\*\*

#### ABSTRACT

Shipbuilding is a complex industry which contains a lot of knowledge, technology, and utilities. Hence, the necessity of the PLM (Product Life-cycle Management) system which manages life-cycle information of marine product has been increased. So, many studies related to shipbuilding PLM have been preceded, and there are some cases to be built. To implement collaboration and concurrent engineering of ship designing and manufacturing, interoperability of product data in heterogeneous system is required. Also, sharing and reusing knowledge are important for innovation of business process and productivity of enterprises. Even though many studies related interoperability of product data are going on in varies domain, the application to shipbuilding is deficient. This paper proposes a methodology for management and interconnection of BOM data based on ontology in heterogeneous PLM system of shipbuilding. Using Protégé-OWL, we built simple domain ontology of shipbuilding industry, and then, we integrated product information of shipbuilding BOM which is represented with different ontologies. We verified possibility of integration of shipbuilding BOM in heterogcnous PLM, using ontology.

**Key words** : BOM, Interoperability, Ontology, PLM, Shipbuilding

#### 1. 서 론

조선 산업은 대규모의 지식, 기술, 장치, 노동이 집약된 복합 산업이다. 국내 조선 산업은 지난 수년간 세계 최고의 시장 점유율을 유지해 왔으며, 이를 지켜가기 위해 새로운 선종 및 공법 등에 대한 연구·개발을 계속하여 진행하고 있다. 현재 국내의 대형 조선소들에서는 초대형 컨테이너선, LNG선 등의 고부가가치 선박의 비중이 늘어나고 있고, 특히 LNG-FPSO (Floating Production Storage and Off-loading), FSRU(Floating Storage and Re-gasification Unit) 등을 비롯한 각종 해양 플랫폼 관련 제품에 대한 관심도 점차 커져가고 있는 실정이다. 이러한 고부가가치

선박 및 해양 제품들은 매우 높은 수준의 설계, 생산 능력이 요구된다.

통상적으로 조선 또는 해양 플랫폼 프로젝트의 진행은 다른 여러 분야의 설계가 관여되며, 주 계약자가 많은 하부 계약 및 기기, 부품 공급망을 관리하게 된다. 이 과정에서 발주자는 설계 시방서 상의 데이터를 주 계약자에게 전달하고, 수주업체는 시공된 상태의 데이터를 발주자 및 운영주체에게 제공한다. 또한 프로젝트 진행 중 설계 데이터의 신속한 생성 및 많은 설계 변경이 이루어지고, 프로젝트 참여자 간에 많은 양의 데이터 교환이 이루어진다. 조선 및 해양 플랫폼 설계 및 건설은 수개월에서 수년간에 걸쳐서 일어나며, 통상적으로 설계가 완료되기 전에 시공 및 제작에 들어간다. 따라서 기기구매나 제작자들은 부정확한 데이터를 가지고 프로젝트를 진행시키는 경향이 있고, 많은 설계변경이 발생할 수 있다<sup>1)</sup>.

위와 같은 분계점들을 해결하기 위하여, 일관된 설계업무 수행이 가능하며 원활한 자재수급 및 정확한

\*교신저자, 종신회원, 인하대학교 조선해양공학과

\*\*학생회원, 인하대학교 조선해양공학과

- 논문투고일: 2010. 11. 08

- 논문수정일: 2011. 01. 20

- 심사완료일: 2011. 02. 09

생산지원 체제를 조성하기 위한 제품정보관리 시스템의 구축이 필수적이다. 따라서 전 생애 주기에 걸친 모든 정보를 관리할 수 있는 PLM(Product Life-cycle Management) 시스템의 필요성이 대두되어 왔고, 조선 PLM에 관련된 많은 연구가 진행됨에 따라 최근 실제 도입 사례도 생기고 있는 추세이다<sup>2)</sup>.

앞서 지적한 선박·해양 플랜트의 설계 및 생산 과정에서 협업과 동시공학을 실현하기 위하여 관련 기업들의 PLM system 간 제품 데이터의 상호호환성이 필요하다. 또한, 더 나아가 기업의 업무 흐름의 혁신과 생산성 향상을 위하여 제품 관련 지식의 공유·재사용이 매우 중요하다. 현재는 대부분의 조선소에서 일부 CAD 툴(Tribon)이 주로 사용되고 있어, 이 툴을 기반으로 한 PLM 구축으로 방향을 잡을 수밖에 없는 실정이다. 이 툴을 사용하는 업체들은 어느 정도 상호 호환성을 가질 것이다. 하지만 이는 진정한 의미의 통합화, 표준화와는 거리가 있다. 현재 Dassault, Intergraph, Siemens 등 여러 업체에서 조선용 CAD 및 PLM 시스템을 구축, 적용하기 위해 연구개발을 하고 있고, 이미 일부 적용이 진행되고 있다. 향후 조선 업계에서도 타 분야들과 같은 다양한 종류의 PLM 시스템들이 사용된다면, 이기종 간의 시스템 통합과 표준화는 더욱 중요한 이슈로 부각될 것이다.

앞서 살펴본 PLM의 목적을 달성하기 위해서는 PLM 시스템 내부의 BOM과 관련하여 이기종 PLM 시스템 간 설계 데이터의 교환과 통합이 용이해야 하고, PLM 시스템 내에서 정확하고 상세한 제품 정보의 검색과 추적이 가능해야 한다. 또한 선박의 생애주기 동안 발생하는 수많은 데이터가 효과적으로 관리되어야 한다. 본 연구에서는 PLM내 BOM의 이러한 요구조건들을 만족하기 위한 방법으로 온톨로지를 제시하였다. 온톨로지는 데이터에 메타데이터를 추가함으로써 정보에 의미를 부여하는 기술이다. 또한 온톨로지는 기존의 데이터 관리 기술을 대체할 독립적인 기술이 아니라 상호 보완적인 기술이다. 해당 도메인에서 사용되는 개념(vocabulary)과 개념의 구조(structure)에 의한 분류체계(taxonomy)에 기반하여 데이터 모델을 만드는 종래의 방법에, 관계(relation), 규칙(rule) 및 제약조건(constraint)을 추가로 명시하여 데이터 모델에 의미(semantics)를 부여하는 것이 공학에서의 온톨로지 응용 방법론이다<sup>3)</sup>. BOM 정보를 구성하고 있는 제품 구조에 메타데이터를 이용한 정보의 의미를 추가하여, 지능형 검색을 통한 정확한 제품 정보 검색과 의미기반 매핑을 통한 BOM 자동 통합

이 가능해진다.

이에 본 논문에서는 조선 분야의 이기종 PLM system 간 BOM 정보를 온톨로지 기반으로 연동하기 위한 연구를 수행하였다. 조선 BOM의 통합을 위하여 먼저 온톨로지 구축 도구인 Protégé-OWL을 이용하여 조선 산업의 도메인 온톨로지를 간략하게 구축한 후, 개별적인 온톨로지로 작성된 조선 BOM의 제품 정보들에 대하여 도메인 온톨로지를 이용한 통합을 시도하였다. 이를 통해 온톨로지를 이용한 조선 PLM에서의 이기종간 BOM 통합 가능성을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 PLM과 온톨로지에 관련된 연구 동향을 살펴보고, 3장에서 조선 BOM의 흐름을 알아보고, 조선 온톨로지 Framework 구성을 위한 모델을 제안한다. 4장에서는 조선 온톨로지 Framework를 구축하기 위한 기본 개념들을 소개한 후 온톨로지 통합을 위한 방법을 제시한다. 또한 5장에서는 온톨로지를 이용한 BOM 통합 구현 예를 보이고, 마지막으로 6장에서 결론을 짓는다.

## 2. 관련연구

온톨로지는 본래 철학의 존재론에서 유래한 용어로서, 가장 널리 인용되는 온톨로지의 정의는 ‘공유된 개념화에 대한 명확한 명세’이다. 인공지능 분야에서의 ‘존재한다’는 표현은, 어떠한 용어나 개념이 명확하게 표현될 수 있다는 것을 의미한다<sup>4)</sup>. 이와 같이 온톨로지는 어휘나 개념의 정의 또는 명세로, 컴퓨터 및 정보사용자들 간 교환되는 용어 및 어휘를 동일한 의미로 인식되도록 하는 기술이다. 따라서 온톨로지는 에이전트들 간에 커뮤니케이션의 전제가 되고 실제 내용이 되는 용어들을 개념적(혹은 의미적) 수준에서 처리할 수 있도록 표현한 고차원의 데이터베이스라 할 수 있다. 이러한 온톨로지의 활용은 메타데이터를 이용하여 컴퓨터 시스템이 정보의 내용을 이해함으로써 정보를 보다 정밀하게 선별하고 자능적인 분류 및 검색이 가능한 시맨틱 웹을 실현하기 위하여 필수적인 요소이다<sup>5)</sup>.

온톨로지를 정의하고 기술할 수 있는 온톨로지 언어는 XML을 기반으로 하여 초기 모델인 RDF에서부터 현재의 W3C 표준인 OWL로 발전해왔다. XML은 문서의 구조를 기술할 수 있는 문법을 제공하지만, 문서에 의미를 부여할 수 있는 수단을 제공하지는 않는다. RDF는 XML로 표현된 객체에 RDF 스키마를 통해 속성(property)과 클래스(class) 개념을 추가하여 객체(자원) 및 객체 사이의 관계를 표현함으로써 데이터

모델에 대한 속성과 클래스의 일반화 계층 구조 (Generalization-Hierarchies)에 대한 간단한 의미론 (semantics)을 제공한다. 이러한 RDF 데이터 모델은 XML 구문으로 표현된다. OWL은 RDF를 기반으로 발전된 온톨로지 언어로써, 속성과 클래스에 대하여 기술할 수 있는 더 많은 어휘(클래스 간의 관계, 관계 차수, 동치성, 풍부한 속성 타입, 속성의 특성, 열거형 클래스 등)를 제공한다<sup>[13]</sup>.

온톨로지에 대한 연구는 국내외에서 체계적인 자산 관리, 전자상거래, 지식기반 지능형 시스템 개발 등의 분야에서 핵심 기술이자 필수 기술로 인식되고 있으며, 다양한 분야에서 온톨로지에 대한 활용 방안을 활발히 연구하고 있다<sup>[14]</sup>. 그 결과 언어학, 도서관학, Web 분야, 기업 통합, 생명공학, 금융 등 다양한 분야에서 활용되기 위한 도메인 온톨로지들이 개발되었다<sup>[15]</sup>. 이에 따라 온톨로지를 PLM에 적용하기 위한 연구도 국내외에서 활발하게 진행되고 있다. Laliu *et al.*은 제품 정보에 대한 의미를 상호 교환하기 위한 PSRL 기반의 반자동 온톨로지 매핑 방법론을 제시하였다<sup>[16]</sup>. 또한 Tursi *et al.*은 제품 온톨로지의 정의를 통해 STEP PDM 모듈과 IEC 62264 표준의 매핑을 수행하여 기업 어플리케이션에서 BOM의 상호운용성을 향상시키기 위한 방안을 제시하였다<sup>[17]</sup>. 한편 Sihem and Abdelaziz은 앞서 소개한 기 구축된 좋은 온톨로지들을 재사용하여 PLM에 적용하기 위하여, 이미 개발된 다양한 온톨로지들을 PLM 적용 관점에서 비교, 분석하였다<sup>[18]</sup>. 비교, 분석에는 1) General, 2) Published/URL, 3) Formalism used, 4) Ease of integration, 5) Inference mechanism, 6) Axiomatization/formality, 7) Coverage/Application, 8) Traceability, 9) Openness/modifiability, 10) PLM potentiality 등 10개의 기준이 적용되었고, 적용 대상은 다음과 같다.

- SUMO (Suggested Upper Merged Ontology)
- CYC Ontology
- GUM (Generalized Upper Model)
- Enterprise Ontology
- TOVE (TOronto Virtual Enterprise) Project
- OntoWeb

비교, 분석 결과 TOVE 프로젝트는 PLM에 대한 적용도가 가장 높은 것으로 평가되었고, Enterprise Ontology와 SUMO는 부분적으로 활용 가능한 것으로 나타났다. 이중 일부를 소개하자면 다음과 같다.

- TOVE project: TOVE 프로젝트의 목표는 서로 다른 기업의 실무자들이 동일한 이해와 사용을 할

수 있도록 표준 용어를 제공하고 각각의 용어들을 명확하게 정의하는 것이다. 또한 기업 내 지식의 자동 추론을 위한 공리들의 의미를 구축하고, 용어나 개념을 도식적으로 표현하기 위한 심볼을 정의한다<sup>[19]</sup>. TOVE 방법론은 Fig. 1과 같은 절차에 의해 수행된다.

- Enterprise Ontology(기업 온톨로지) : 기업 온톨로지는 비즈니스 기업과 관련된 용어(terms)와 정의들(definitions)의 집합이다<sup>[19]</sup>. 기업 온톨로지의 목적은 다음과 같이 크게 세 가지로 요약할 수 있다.

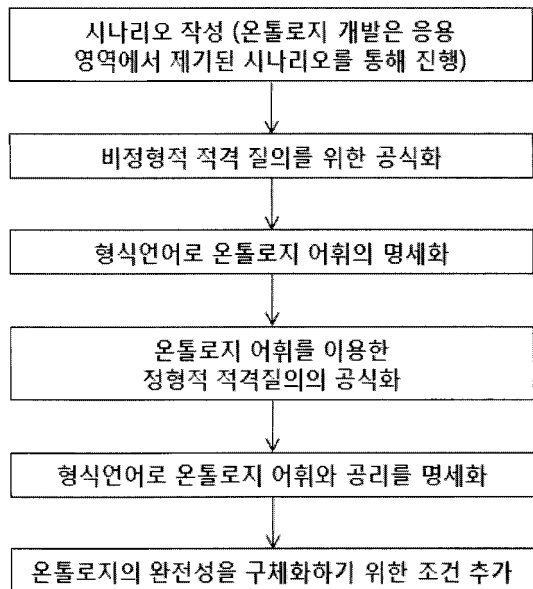


Fig. 1. Building procedure of TOVE ontology<sup>[19]</sup>.

먼저, 원활한 의사교환을 보장하기 위하여 비즈니스 당사자 사이에서 기업 모형(enterprise model)에 대한 통합된 이해를 위한 어휘를 제공한다. 두 번째로, 기업 모형의 요구사항에 대한 변경의 최적화를 통해 안정된 인프라를 제공한다. 마지막으로, 정보 교환의 매개체 역할을 함으로써 기업 모형을 이용하는 다양한 응용 프로그램의 상호운용성을 증대시킨다. 개념적으로 기업 온톨로지는 활동(Activity), 조직(Organization), 전략(Strategy), 마케팅(Marketing), 시간(Time) 등의 주요 부분으로 구분된다. 기업 온톨로지를 이용하여 조선 산업의 생산 및 설계 공정에 적용하기 위한 연구가 국내에서 수행되었다. 문예경은 조선 배관설계를 위한 기업 온톨로지 기반을 구축하여 이를 이용한 조선 배관 설계 업무 프로세스를 분석,

평가, 검증하였다<sup>7)</sup>. 또한 김경훈은 조선 가공 공정에 대한 기업 온톨로지 기반을 구축하여 이를 이용한 조선 가공 공정에서의 비즈니스 프로세스를 분석 및 평가하였다<sup>8)</sup>.

PLM 시스템 내의 BOM과 관련하여, 제품 정보를 효과적으로 관리하기 위한 방법으로 메타데이터를 사용하는 방법이 있다. 하지만 시스템마다 메타데이터 구분과 스키마 정의가 다르면 상호운용성은 보장할 수 없다. 온톨로지는 이러한 문제를 해결하기 위해 데이터 모형을 이용하여 메타데이터 스키마를 일관된 방법으로 표현한다. BOM의 제품 데이터를 효율적으로 검색 및 공유하기 위해 온톨로지를 이용하여 메타데이터를 기술하게 되고, 표준화된 형식으로 기술된 메타데이터를 활용함으로써 의미정보 공유 및 재사용을 통한 상호운용성이 발생한다<sup>9)</sup>. 즉, 의미 부여를 통한 지능적 검색과 추론을 통한 지식 공유가 가능해진다. 조준면은 공유 온톨로지를 정의하여 규형 부품에 대한 소스 온톨로지의 자동 통합을 시도하였다<sup>10)</sup>.

### 3. 조선 온톨로지 구축을 위한 조선 BOM 정보흐름

#### 3.1 선박 BOM의 특징

선박 BOM은 그 범위가 매우 넓기 때문에 본 연구에서는 배관을 중심으로 그 특징에 대해서 기술하였다. 우선, 배관 BOM이 생성되는 프로세스를 살펴보고 선박 의장 중 배관과 관련된 BOM의 특징에 대해서 서술하였다.

배관(piping) 설계는 크게 영업/기본/상세/생산 설계로 구분할 수 있다. 영업 설계와 기본 설계에서는 System 단위로 분할해서 2차원 CAD를 기반으로 설계를 수행하고 이를 바탕으로 상세 설계에서 3차원 CAD를 기반으로 System을 고려한 Zone 단위로 설계를 진행하고 있다. 생산 설계는 Block Division을 수행하고 생산 작업을 고려한 설계를 수행하고 있다. 선박은 일반 제조업과 다르게 설계와 생산이 동시에 진행되기 때문에 설계 단계별로 BOM을 생성하고 구매/조달, 생산계획, 생산에서 활용하고 있다. 이렇게 설계 단계별로 생성되는 BOM은 MML, 예량 BOM, 상세 BOM, 생산 BOM으로 구분할 수 있다.

MML(Main Machinery List)는 영업 설계 단계에서 작성하는 Building Spec.에서 추출하는데 여기서는 주로 자재 구매에 있어서 오래 걸리는 장납기 자재들의 List들로 기본 설계 단계에서 2D CAD 기반으로 P&ID(Pipe & Instrument Diagram)를 작성하고

P&ID를 바탕으로 BOM을 추출한 것이 예량 BOM이다. 예량 BOM은 생산을 할 때 필요한 자재의 물량 확보를 위해서 생성되는데 2D CAD를 기반으로 도면을 작성하기 때문에 정확한 물량 산출의 어려움이 있다. 기본 설계에서 작성한 2D P&ID 도면을 바탕으로 3D CAD로 상세 모델링을 수행하고 이를 바탕으로 BOM을 생성한 것이 상세 BOM이다. 상세 BOM을 통해서 물량을 산출하는데 이를 구매부서에서 활용하여 자재들을 발주하게 된다. 여기서의 물량은 3D CAD로 설계를 하기 때문에 98% 이상의 정확한 물량을 산출할 수 있다. 상세 BOM의 경우, 물량 산출 뿐만 아니라 산출된 물량을 통해서 생산계획에서 활용하도록 한다. 영업/기본/상세 BOM은 앞에서 말한 E-BOM에 속하지만 생산 BOM은 M-BOM으로 상세 설계에서 작성한 3D 모델을 통해서 생산을 위한 제작도, 설치도를 생성하고 생성된 제작도/설치도를 바탕으로 생산에 필요한 정보를 추출한 BOM이다.

선박 의장 BOM은 선주 요구사항을 고려해서 설계를 하는 영업 설계에서부터 기본 설계와 상세 설계를 거쳐 생산을 고려한 생산 설계를 거치면서 진화한다는 것을 알 수가 있다. BOM이 진화한다는 것은 각 BOM 간의 연계가 있어야 하는데 현재 조선소의 설계 단계별 BOM 간의 직접적인 연계가 없어 보인다. 단지, Building Spec.과 설계 단계별 생성되는 도면들이 정보를 통해서 차후 BOM 정산이나 자재 어느 block에 설치되었는지 알 수 있게 되어 있다.

#### 3.2 선박 BOM 정보흐름 표현

Fig. 2는 선박 BOM의 정보흐름을 간략하게 나타낸 것이다. 각 설계 단계 별로 물량이 산출되고, 이것이 BOM 정보화 되어 각 단계를 거쳐 생산 BOM이 완성되는 것이다.

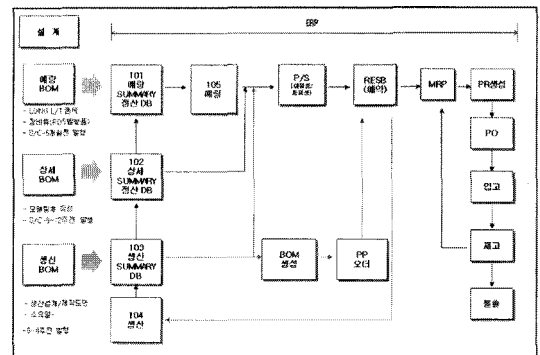


Fig. 2. 조선 BOM 정보흐름.

프로세스의 명확한 분석을 위해서는 프로세스를 한 눈에 볼 수 있게 도식적으로 표현하는 것이 중요하다. 그래서 다음 3.3에서는 조선 온톨로지의 구축을 위한 BOM 정보 흐름 모델을 제안했다.

**3.3 온톨로지 구축을 위한 BOM 정보 모델**

선박 의장 BOM 관리 모델은 다양하게 존재하는 의장 BOM인 예방, 상세, 생산 BOM의 연관 관계를 맺어주고 각 단계에서 생성되는 설계 정보 및 다양한 부서에서 생성되는 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 제품 정보 구조체이다. 선박 의장 BOM 관리 모델은 제품을 구성하는 부품들의 계층적인 연관 관계와 다양한 부서에 BOM 정보를 제공하고 이들의 연관 관계를 나타내고 통합 관리한다. 본 연구에서의 선박 의장 BOM 관리 모델은 Structure BOM과 Display BOM으로 구성한다.

Structure BOM은 각 설계 단계(영업/기본/상세/생산 설계)에서 생성되는 다양한 BOM을 하나의 제품 구조로 표현한 것으로 one source 정보로서 유일하게 유지 및 관리되며, 업무나 목적별로 필요한 제품 정보만을 Display BOM 형태로 제공한다. Display BOM은 복잡한 제품 정보를 사용자가 원하는 형태의 정보로 보여주는 BOM으로 현재 사용하고 있는 제품 구조(Structure BOM)으로부터 원하는 데이터만을 추출해서 보여주는 BOM이다.

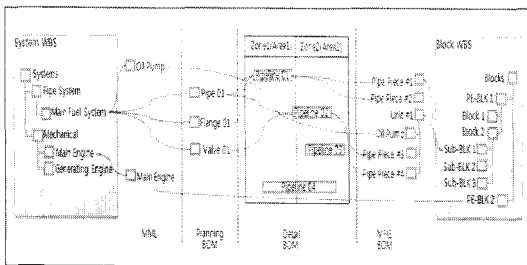


Fig. 3. BOM 정보 모델.

Fig. 3은 설계 단계 별 생성되는 BOM 구조를 표현한 것이다. 기본 설계 단계에서는 System 단위로 설계하고 각 시스템 별로 리드타임(lead time)이 긴 자재를 위주로 MML을 추출한다. 상세 설계 단계에서는 System별로 작성된 P&ID를 기본으로 3D CAD를 이용하여 배치모델을 수행한다. 이 때 어떤 pipeline 어떤 zone(arca)에 속하게 되는지의 정보를 알 수 있게 된다. 이를 토대로 상세 설계에서는 zone(arca)에 있는 system별이나 zone(arca)별로 물량

을 산출한다. 생산 설계 단계에서는 3D 배치 모델에 있는 pipeline이 어떻게 pipe piece 단위로 분할되는지 알 수 있고 물량을 산출하고 생산에 필요한 물량을 추가 구매가 발생한다.

다음 4장에서는 본 모델을 활용해 조선 온톨로지 Framework 구축을 위한 시도를 하겠다.

**4. 조선 온톨로지 Framework 구축**

**4.1 온톨로지 구축방법**

온톨로지 구축 방법은 Top-Down 방식과 Bottom-Up 방식으로 나눌 수 있다. 개발 이전에 표준 도메인 온톨로지를 구축하여 차후에 개발되는 개별 시스템들이 이를 상속받아 사용하는 Top-Down 방식은 여러 시스템들이 같은 데이터 형식을 취하기 때문에 데이터 호환이 자유로운 이상적인 방법이지만, 현실에서 사용되는 시스템들은 공통의 표준에 의해 개발되지 않았으므로 실제적으로는 Bottom-Up 방식을 사용하여 개발하게 된다. Bottom-Up 방식은 어떤 도메인에서 표준이 될 수 있는 온톨로지를 사후에 구축하고, 이들 각각의 시스템이 사용할 온톨로지들과 연결작업(bridging)을 수행하는 방식이다<sup>3)</sup>. Fig. 4는 2가지의 온톨로지 구축 방법을 보여준다.

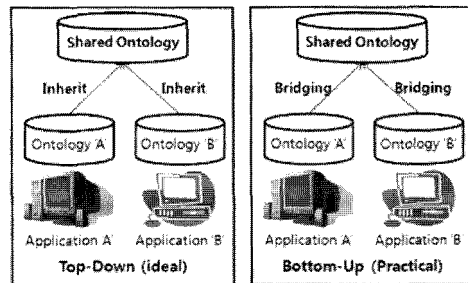


Fig. 4. Two method of building ontology : Top-Down and Bottom-up<sup>3)</sup>.

**4.2 조선 온톨로지 Framework의 구성**

'Shared Ontology'의 구축을 통한 조선 BOM의 온톨로지 표현을 시도하기 위하여, 본 논문에서는 간단한 조선 도메인 온톨로지의 프로토타입을 구축하고 이를 '조선 온톨로지 Framework'라 부르기로 한다. 여기서 조선 온톨로지는 선체에 들어가는 부재의 종류를 분류한 'Material Type' 클래스와 선체 조립 공정의 stage에 따른 'Assembly\_Stage' 클래스로 구성된다. 또한 각 클래스는 해당 항목에 대한 세부 분류를 위해 하위 클래스들로 나뉘어 각각의 인스턴스들을

을 가진다.

Fig. 5는 조선 온톨로지 Framework의 예를 보여 준다.

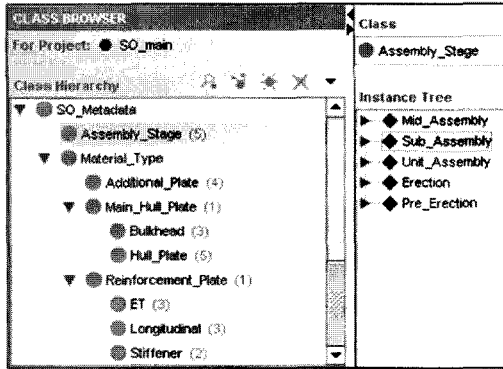


Fig. 5. Example of shipbuilding Ontology.

4.3 온톨로지 통합방법

온톨로지 통합(Ontology Integration)은 통합 방법에 따라 Merging, Translation, Alignment, Articulation으로 구분할 수 있다<sup>[10,18]</sup>. Merging은 서로 다른 두 온톨로지를 조합하여 하나의 새로운 온톨로지를 만드는 것이고, Translation은 기존에 구축되어 사용되고 있는 온톨로지를 확장하는 것이다, Alignment는 온톨로지 매핑(Ontology Mapping)이라고도 하는데, 기존 온톨로지의 형태는 유지되고 온톨로지 간의 연결 정보가 추가되는 것이다. Articulation은 온톨로지 매핑을 통해 새로운 온톨로지를 생성하는 것이다.

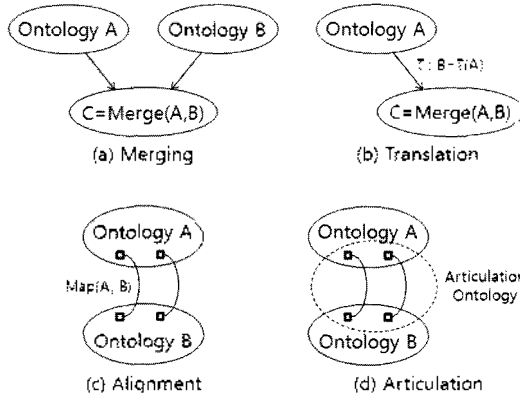


Fig. 6. Concept of ontology integration method<sup>[10]</sup>.

Fig. 6은 이들 온톨로지 통합 방법의 개념을 보인다. 이경호는 온톨로지 매핑의 방법을 이용하여 온톨로지

로 표현된 서로 다른 두 개의 BOM을 통합하기 위한 연구를 수행하였다<sup>[11]</sup>.

온톨로지 통합의 또 다른 분류 방법으로는 input의 타입에 따라 1) 클래스 명과 자연어 정의에 의한 방법, 2) 클래스 계층구조에 의한 방법, 3) 클래스 계층구조와 슬롯, facet에 의한 방법, 4) 클래스의 인스턴스에 의한 방법, 5) 클래스의 description에 의한 방법의 5가지 방법으로 나눌 수 있다<sup>[17,18]</sup>.

본 논문에서는 앞서 제안한 조선 BOM의 상호운용성을 위한 온톨로지 적용을 위하여, 본 절에서 소개한 온톨로지 통합 방법들 중 Translation 방법에 의한 통합을 시도하였다. 기 구축한 조선 도메인 온톨로지를 이용하여 작성된 선각 Block의 BOM 온톨로지에, 별도로 작성된 BOM의 또 다른 일부분을 추가하여 조선 BOM을 확장하였다. 이를 통해 조선 도메인 온톨로지를 통한 BOM의 확장통합 가능성을 확인하였다.

4.4 통합 대상 조선 BOM 구성

앞서 소개한 선박 BOM의 모델을 활용하고, 조선 온톨로지를 이용해 BOM의 통합을 시도하였다. 여기서 대상 블록은 컨테이너선의 S블록 중 조립품의 일부로서, Block Analysis 형태로 표현되어 있다.

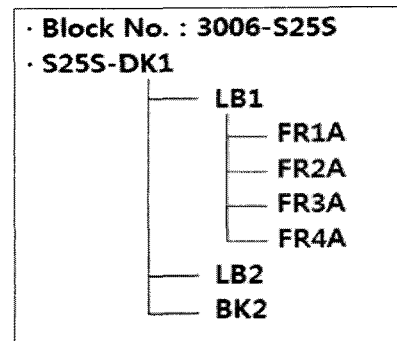


Fig. 7. Block-Analysis of mid-assembly block.

Fig. 7은 중조립품인 MA1의 구성을 보여준다. 여기서 중조립품인 MA1을 구성하고 있는 DK1은 Deck 부재로서 Longitudinal\_BHD인 LB1, LB2 그리고 Bracket인 BK2 등의 소조립품들로 구성되어 있으며, 각각의 소조립품들 또한 보강재에 대한 하부 조립 구조를 가진다. 이중 LB1은 외부의 온톨로지로부터 가져와 메인 BOM 온톨로지에서 통합된다. 이들 부재들은 도메인 온톨로지인 조선 온톨로지에 구축된 Material\_Type 및 Assembly\_Stage 클래스 내에서 각각에 해당하는 하부 클래스에 속한 객체인 individual

로서 생성된다.

Fig. 7은 클래스의 객체로 생성된 블록 구성품의 예를 보여준다.

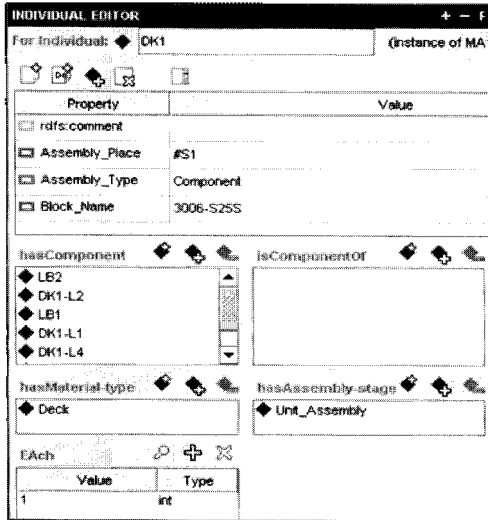


Fig. 8. A part as a instance of BOM class.

Fig. 8은 블록 구성품의 예로써 DK1 부재 객체의 속성들을 나타내고 있는데, 블록명, 조립 작업장, 조립 형태 등의 Annotation Property와, hasComponent로 표현되는 '부재조립구조', 'Material Type', 'Assembly Stage' 등의 Object Property를 갖는다. 또한, 부재의 수량(EA)을 Data-type property로 갖는다. 이러한 각종 속성들 중에서, 조선 온톨로지를 통해 관리되는 것은 Object property의 'Material Type'과 'Assembly Stage'이다.

## 5. 통합 수행 및 결과

### 5.1 시스템 환경 및 사용 도구

본 논문에서는 온톨로지 구축을 위한 도구로 Protégé-OWL을 사용하였다. Protégé-OWL은 Stanford Medical Informatics에서 개발한 open-source 온톨로지 구축 도구이다. 처음에는 의학용 어플리케이션에 적용하기 위해 개발되어 Protégé-I, Protégé-II, Protégé-Win, Protégé-2000 등을 거쳐 현재의 Protégé-OWL로 발전해왔다<sup>[9]</sup>. 하지만 현재는 도메인에 구애 받지 않고 다른 수많은 어플리케이션 영역에서 광범위하게 사용되고 있다.

다른 대부분의 모델링 툴과 마찬가지로, Protégé의 아키텍처는 '모델' 파트와 '뷰' 파트로 구분된다<sup>[20]</sup>.

Protégé에서의 '모델'은 온톨로지와 지식 베이스를 위한 내부 표현 구조를 정의한다. 또한 '뷰' 컴포넌트는 기본 모델들을 보여주고 조작하기 위한 User Interface를 제공한다.

OWL 기반의 온톨로지 편집기로서 Protégé-OWL은 Class, Property, Restriction, Logical class expression, Enumeration, Individual 등을 쉽게 정의할 수 있는 사용자 환경을 제공한다<sup>[9]</sup>. 모델링 측면에서는 OWL의 다양한 엘리먼트들을 사용자 요구사항에 맞게 잘 정의할 수 있게 해 주고, 또한 다양한 플러그인을 통하여 원하는 기능들을 추가시킬 수 있는 확장성도 갖추고 있다.

본 논문에서 조선 온톨로지 구축과 이를 이용한 BOM 통합을 수행하기 위해 사용된 온톨로지 도구의 버전은 다음과 같다.

- 온톨로지 편집기 : Protégé-OWL (ver. 3.3.1)
- 추론기 : Racer Pro (ver. 1.9.0)

### 5.2 Protégé-OWL을 이용한 BOM 통합 결과

온톨로지의 통합을 위해 선제 블록 구성품 중 LB1을 제외한 LB2, BK2블 DK1에 포함되는 형태의 BOM으로 작성하였다. 이 BOM은 조선 온톨로지를 기반으로 작성하였으며, 조선 온톨로지는 블록 내부 품들에 대한 부재 종류와 조립 단계 정보를 참조할 수 있도록 구성되었다. 또한 온톨로지를 통합하고 BOM을 완성하기 위하여, LB1을 별도의 온톨로지로서 작성하였다. 다음의 Fig. 9는 이러한 LB1의 xml 형태로 기술한 owl 소스 코드의 일부를 보여준다.

```
<owl:Class rdf:ID="FB1A" >
  <each rdf:datatype="<rdftype>">EAch</each>
  <assembly_place rdf:datatype="<rdftype>">AS1</assembly_place>
  <assembly_type rdf:datatype="<rdftype>">Component</assembly_type>
  <block_name rdf:datatype="<rdftype>">3006-S25S</block_name>
  <hasassembly_stage rdf:resource="#S1" >
  <hasmaterial_type rdf:resource="#Deck" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A-L1" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A-L2" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A-L4" >
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="FB1A-S1" >
  <each rdf:datatype="<rdftype>">EAch</each>
  <assembly_place rdf:datatype="<rdftype>">AS1</assembly_place>
  <assembly_type rdf:datatype="<rdftype>">Component</assembly_type>
  <block_name rdf:datatype="<rdftype>">3006-S25S</block_name>
  <hasassembly_stage rdf:resource="#S1" >
  <hasmaterial_type rdf:resource="#Snapped_Staffener" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A" >
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="FB1A-S2" >
  <each rdf:datatype="<rdftype>">EAch</each>
  <assembly_place rdf:datatype="<rdftype>">AS1</assembly_place>
  <assembly_type rdf:datatype="<rdftype>">Component</assembly_type>
  <block_name rdf:datatype="<rdftype>">3006-S25S</block_name>
  <hasassembly_stage rdf:resource="#S1" >
  <hasmaterial_type rdf:resource="#Snapped_Staffener" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A" >
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="FB1A-S3" >
  <each rdf:datatype="<rdftype>">EAch</each>
  <assembly_place rdf:datatype="<rdftype>">AS1</assembly_place>
  <assembly_type rdf:datatype="<rdftype>">Component</assembly_type>
  <block_name rdf:datatype="<rdftype>">3006-S25S</block_name>
  <hasassembly_stage rdf:resource="#S1" >
  <hasmaterial_type rdf:resource="#Snapped_Staffener" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A" >
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="FB1A-S4" >
  <each rdf:datatype="<rdftype>">EAch</each>
  <assembly_place rdf:datatype="<rdftype>">AS1</assembly_place>
  <assembly_type rdf:datatype="<rdftype>">Component</assembly_type>
  <block_name rdf:datatype="<rdftype>">3006-S25S</block_name>
  <hasassembly_stage rdf:resource="#S1" >
  <hasmaterial_type rdf:resource="#Snapped_Staffener" >
  <hascomponent rdf:resource="#FB1A" >
</owl:Class>
</owl:Ontology>
```

Fig. 9. Example of OWL source code of LB1.

이와 같이 각각의 BOM 온톨로지를 구축한 후 Protégé-OWL 상에서 LBI를 import하여 통합하여 중소기업의 BOM을 완성한 결과를 Fig. 9에서 보여주고 있다. LBI에 기술된 부재 종류와 조립 단계 정보는 온톨로지 통합 후 Protégé-OWL 상에서 조선 온톨로지에 의하여 참조되고, 추론을 통해 consistency와 taxonomy 등이 모순 없이 생성되는 것을 확인할 수 있었다. 다음 Fig. 10은 통합 전후의 참조 인스턴스 비교의 예를 통하여 이를 보여준다.

여기서 Fig. 10은 통합된 온톨로지의 인스턴스들이 조선 온톨로지를 올바르게 참조하고 있다는 것을 보이기 위한 예로써, 통합 이후 LBI에 의하여 소 조립 단계에 해당하는 부재가 늘어난 것을 확인할 수 있다.

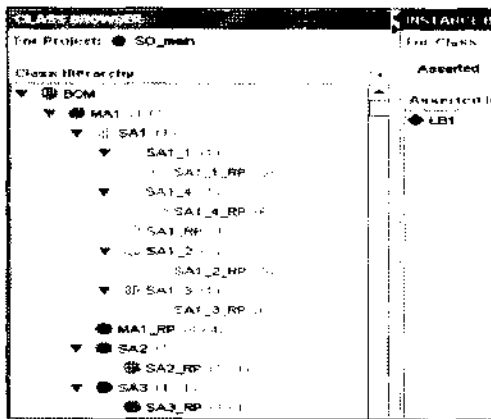


Fig. 10. Hierarchy of MA1 after ontology integration.

## 6. 결 론

본 논문에서는 조선 산업의 BOM을 효율적으로 관리하기 위하여 조선 BOM에 온톨로지를 적용하기 위한 연구를 수행하였다. 온톨로지는 정보에 메타데이터를 추가함으로써 정확하고 효율적인 BOM 정보 검색과 의미 기반의 추론을 통한 BOM 통합을 용이하게 할 수 있다. 이러한 온톨로지를 조선 BOM에 적용하기 위하여 먼저 조선 산업의 도메인 온톨로지로서의 기능을 수행하는 '조선 온톨로지'를 구축하여 부재 종류와 조립 stage를 참조할 수 있도록 정의하였다.

그리고 선체 블록의 BOM의 일부를 임의로 구성하여 통합을 시도하였다. 여기서 대상 선체 블록은 컨테이너선의 중조립품 일부라고 가정하였고, 두 부분으로 나누어 별도로 작성하여 조선 온톨로지 기반으로 통합하였다. 통합된 BOM의 부재 인스턴스들은 조선 온톨로지를 참조하여 각각의 부재 종류 및 조립 단계

정보에 연결되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 조선 BOM 관리에 온톨로지의 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 하지만 본 연구에서 구축하여 사용한 조선 온톨로지는 매우 단순화되어 있는 형태로써, 조선 BOM의 여러 특성과 요구사항들을 모두 표현하는데 한계가 있다. 향후 장소 및 시간 등의 개념을 연결시켜 BOM의 변화를 추적 가능하도록 조선 온톨로지를 확장개량하여 연구를 계속 진행해 나갈 필요가 있다. 또한 온톨로지로 표현된 BOM을 상용 PLM 시스템과 연동시켜 실제 구축 가능한 프레임워크를 구성하기 위한 연구가 진행되어야 한다.

## 감사의 글

본 논문은 한국 과학재단에서 지원하는 핵심연구(공동) 지원사업(2010-0028781)과 인하대학교의 지원에 의해 연구되었습니다. 위 기관의 연구비 지원에 감사 드립니다.

## 참고문헌

1. 박찬국, "해양 석유 및 가스 생산플랜트 PD M," 기계저널, 제42권, 제7호, pp. 50-56, 2002. 7.
2. 월간 Shipbuilding Industry Magazine, Vol. 23, pp. 42-43, 2009. 7.
3. 이운숙, 천상욱, 한순홍, "CAD 시스템 간 상호 운용성을 위한 설계 특징형상의 온톨로지 구축," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제9권, 제2호, pp. 164-174, 2004. 6.
4. 박찬국, "산업설비정보표준화 및 PLM," 설비저널, 제36권, 제10호, pp. 28-39, 2007. 10.
5. 전자상거래 표준화 통합 포럼, "RDF기반 STEP 데이터의 온톨로지 표현 지침," 2004.
6. 한국철산원, "웹 온톨로지 개발 지침 연구," 2004.
7. 문예경, "기업 온톨로지 기반의 조선 배관설계 업무 분석," 석사학위 논문, 2008.
8. 김경훈, "조선 가공공정에서의 기업 온톨로지 기반 구축 및 활용," 석사학위 논문, 2008.
9. 조운연, 한순홍, 김현, "부품 라이브러리 정보의 자동 통합을 위한 메타 온톨로지," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제11권, 제4호, pp. 273-288, 2006. 8.
10. 이인근, 황도삼, 서석태, 권순학, "메타온톨로지 기반 온톨로지의 통합," 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, 제17권, 제5호, pp. 604-613, 2007. 10.
11. 이경호, 이장현, 한선우, "온톨로지 기반의 조선 BOM 지식 통합," 2006 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 975-982, 2006.
12. 임형선, 황윤영, 임동명, 이규원, "OWL기반의 온톨로지 도구 비교분석," 한국 한의학연구원 논문집, 제12권, 제1호(통권16호), 2006.



13. W3C, "OWL Web Ontology Language Overview", 2004.
14. Lalit Patil, Debasish Dutta, and Ram Sriram, "Ontology-Based Exchange of Product Data Semantics", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 2, No. 3, July 2005.
15. Thomas R. Gruber, "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", *In International Journal Human-Computer Studies* 43, pp. 907-928. Substantial Revision of Paper Presented at the International Workshop on Formal Ontology, March, 1993.
16. Sihem Mostefai and Abdelaziz Bouras, "What Ontologies for PLM: A Critical Analysis", *In 12th International Conference on Concurrent Enterprising Palazzo delle Stelline, Milan, Italy, 26-28 June 2006*.
17. Mark S. Fox, "The TOVE Project: A Common-Sense Model of the Enterprise", *In Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems: Proceedings of the 5th international conference IEAAIE (1992)*, Vol. 604, pp. 25-34, 1992.
18. Natalya F. Noy and Mark A. Musen, "The PROMPT Suite: Interactive Tools for Ontology Merging and Mapping". *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 59, No. 6, pp. 983-1024, December 2003.
19. John H. Gennari, Mark A. Musen, Ray W. Ferguson, William E. Grosso, Monica Crubézy, Henrik Eriksson, Natalya F. Noy and Samson W. Tu, "The Evolution of Protégé-2000 : An Environment for Knowledge-based Systems Development", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 58, pp. 89-123, 2002.
20. Knublauch, H., Ferguson, R., Noy, N. and Musen, M., "The Protege-OWL Plugin ; An Open Development Environment for Semantic Web Applications", *In Third International Semantic Web Conference - ISWC 2004*.



### 김 대 석

2007년 2월 울산대학교 학사  
 2010년 2월 인하대학교 석사  
 2010년~현재 인하대학교 조선해양공학과 박사과정  
 관심분야: Ubiquitous, Augmented Reality, PLM, Data Mining, Design for safety



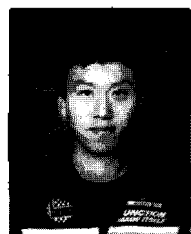
### 이 경 호

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



### 이 정 민

2008년 2월 인하대학교 조선해양공학 학사  
 2010년 2월 인하대학교 조선해양공학 석사  
 2010년 3월~현재 인하대학교 조선해양공학 박사과정  
 관심분야: Ubiquitous, Augmented Reality, PLM, Data Mining, Design for safety



### 이 광

2009년 2월 학점은행제 학사  
 2010년 9월~현재 인하대학교 석사과정  
 관심분야: Ubiquitous, Augmented Reality, PLM, Data Mining, Artificial Intelligence in Design



### 김 진 호

2010년 2월 인하대학교 학사  
 2011년 3월~현재 인하대학교 석사과정  
 관심분야: Augmented Reality, PLM, Data Mining, Artificial Intelligence in Design, Modeling & Simulation