

선박 의장 BOM의 Lifecycle을 고려한 BOM 통합 방안 연구

김대석***, 이경호*, 이장현**, 이정민***, 이광***, 김진호***

Integration of Ship Outfitting BOM with Lifecycle Stages

Dae-Seok Kim***, Kyung-Ho Lee*, Jang-Hyun Lee**, Jung-Min Lee***,
Kwnag Lee*** and Jin-Ho Kim***

ABSTRACT

Generally, BOM (Bill of Material) means a part list which is needed to manufacture or assemble a product or part. During manufacturing processes, BOM is inevitably required for most of enterprise processes such as design, procurement, production planning/control, resource planning, and financial works. Every manufacturing industry uses many kinds of BOM's that are adjusted to the requirement of functions of their work division. Moreover, BOM evolves in different forms according to the product development phases such as conceptual design, function design, detail design, and production design because it is necessary to use different product structures to keep product data generated throughout the lifecycle of a product. This includes all data and information related to the all the product development phases. Shipbuilding works also are processed and controlled based on BOM. However, effective maintenance of ship outfitting BOM data is getting difficult as the amount and complexity of data have increased due to variety and long lifecycle of ship. For the effective management of outfitting BOM data, two aspects must be considered. One is how to classify numerous BOMs type and the others how to display BOMs. So this study suggests a method to classify BOM types and propose two categories Structure BOM, Display BOM. Base on this result, we propose the integrated ship outfitting BOMs model and analysis outfitting BOMs.

Key words : BOM (Bill of Materials), Display BOM, Ship Outfitting Design, Structure BOM

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

제조 산업에서 제품의 설계, 생산, 부품 구매 및 조달, 원가 계산 등 제품 개발과 생산에 필요한 대부분의 활동은 BOM(Bill of Materials)을 중심으로 이루어지고 있다. 또한, 최근 들어 각 제조산업은 치열한 경쟁에 놓이고 있으며, 품질과 가격이 우수한 다양한 제품을 빠른 기간에 개발하고 생산해야 하는 상황에 놓여 있다. 따라서, 다양한 정보 시스템을 이용하여 제품 개발과 생산, 정보 관리의 효율성을 높이기 위해

노력하고 있다. 이를 위해서는 기업의 기존 정보인 BOM에 대한 체계적인 구성과 적절한 관리 기능이 정의되어야 한다.

조선 산업에서도 BOM은 호선의 초기 설계 단계에서부터 인도까지 가장 핵심적인 설계 및 생산 정보로 활용되고 있다. 타 제조 산업과 마찬가지로 정확한 BOM 체계를 갖추는 것이 제품 개발의 효율성을 높이는 선행 조건이다. 최근에는 조선 설계 시스템의 변화나 정보 체계의 변화, 수시로 변하는 업무 절차 등에 독립적으로 정확한 BOM 체계를 유지해야 하는 요구가 증가하고 있다. 또한, 현재의 BOM 체계가 가지는 부정확한 정보 유지의 가능성, 다양한 BOM 통합에 필요한 예외 조항의 단순화와 같은 문제를 해결하고자 하는 요구가 동시에 증가하고 있다. 또한, PLM과 PDM과 같은 설계 및 제품 정보 관리 시스템을 구축함과 동시에 새로운 CAD 시스템을 도입함으로써 설계 효율성을 높이고자 하는 노력이 각 조선소에서 시도되고 있다.

*교신저자, 종신회원, 인하대학교 조선해양공학과

**종신회원, 인하대학교 조선해양공학과

***학생회원, 인하대학교 조선해양공학과

- 논문부고일: 2010. 10. 18

- 논문수정일: 2011. 01. 17

- 심사완료일: 2011. 02. 09

본 연구에서는 선박 외장 시스템 중 배관 시스템을 대상으로 수명 주기 단계 별로 BOM의 구조와 BOM 간 연관 관계를 정의하였다. 이를 통하여 다양한 종류의 외장 BOM을 통합하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

1.2 기존 연구 사례

BOM 연구는 주로 ATO(Assemble To Order), MTS(Make To Stock) 전략을 가진 다품종 소량 생산 산업을 대상으로 제품 사양관리에 필요한 연구가 많이 수행되어 왔다¹¹. 또한 BOM과 생산 정보의 통합 또는 전사적 자원 관리 시스템의 효율적인 BOM 관리를 목적으로 수행한 연구도 찾아 볼 수 있다^{12,13,16,17}.

Cunningham¹¹은 기존 생산 계획을 공급자, 생산자, 소비자를 연결하는 공급 사슬의 중요한 연결 고리로 정의하여 계획 BOM의 구성을 위한 지원 시스템의 기본 구조를 제시하고, Prototype을 구축하였다. 개발된 시스템은 Modular의 개념을 적용시켜 제품의 옵션 결합을 통하여 장기적으로 다품종 소량 생산 체계의 BOM 구성을 함에 있어 비용을 최소화 시키는 방안을 제시하였다.

강금석¹⁴은 하나의 제품 개발 과정에서 사용되고 있는 다양한 종류의 목적별 BOM을 표현하기 위하여 각각의 뷰(View)를 정의하고, 다양한 View를 지원하는 통합 BOM 관리 시스템을 제시하였다. 지용구¹⁵는 Modular BOM의 모듈 생성 방법 및 저장 방법에 대해 제시하였고, Dale¹⁸은 같은 모듈에 속하는 부품은 동일한 패턴을 가진다는 개념을 이용 모듈의 구성 시간을 줄이는 Modular BOM의 구성 방법을 제시하였다. 이러한 연구는 다양한 종류의 변종(Variant)을 가지는 제품 개발에 있어서 제품구성(Product Configuration)과 제품 사양(Feature, Option)을 효율적으로 관리하기 위한 Modular BOM 및 Generic BOM을 제시한 것으로 이해할 수 있다.

Chang¹⁹은 그래프 이론과 CAPP의 조립/가공 순서 결정을 알고리즘을 이용하여 초기 제조 BOM을 생성하고, 생성된 BOM을 바탕으로 하위 조립 품으로 분해한 후, 이를 조정하는 방법을 통해 총 제조 시간을 줄이는 제조 BOM 생성 방법을 제시하였다. Tatsiopoulos¹⁶은 BOM과 작업 공간 연계의 효율성을 설명을 하고, BOM과 작업 공정의 통합에 대한 모델을 제시하였다. Trappy 등¹⁶은 객체 지향 개념을 기반으로 제조 BOM 이외에도 제품 설계, 제조 계획, 생산 계획을 고려한 BOM 시스템을 설계하였다.

김대환²⁰은 객체지향 개념을 이용하여 설계 변경이 용이한 BOM 통합 관리 시스템을 제시하였으며, Nandakumar¹²은 관계형 DB를 이용하여 BOM 데이터 모델을 설계하였다. Chung¹⁹은 객체 지향 개념을 이용 OSAM(Object Oriented Semantic Model) 데이터 모델에서 제시한 개체/도메인 클래스를 바탕으로 계층구조를 이루는 제품들의 객체 클래스를 정의하고, 이들 간의 관계를 참조, 구성 관계 등으로 구분해서 BOM을 설계하는 모델을 제시 하였다. Kini¹³은 관계형 DB에서 계층적 구조의 저장 방법에 대해 HSPN(Hierarchical Significant Part Numbering) 방법을 제안했다. HSPN은 계층 구조상에서 제품에 번호 부여하여 계층 구조 상에서 BOM의 정전개, 역전개를 효율적으로 수행할 수 있도록 해준다는 점을 강조하였다.

Hasting¹³은 공정과 각 공정에 소요되는 자재와 중간 품목을 동시에 표현하는 BOM(Bill of Manufacture)을 제시하였다.

선박의 BOM에 관련한 연구로는 BOM과 라우팅을 통합해 BOM에 공정 정보를 추가해 관리하는 연구는 있었지만, 제품, 모델의 관점에서 제품 구조를 정의하고 있는 연구는 많지 않은 편이다. 그리고 제품의 수명 주기에 따라 BOM 통합에 대한 뚜렷한 모델을 제시하고 있지 않다²¹.

그래서 본 연구에서는 선박 외장 BOM이 설계 단계별로 진화할 때 외장 BOM의 변화를 반영할 수 있는 BOM 모델을 제안하였고, 단계별로 변화하는 BOM을 목적별, 부서별로 Display 할 수 있는 BOM 구조를 제안하였다.

2. BOM 관리의 개요

본 장에서는 최근 들어 변화된 BOM의 정의를 소개하고, 각 제조 산업별로 사용되고 있는 BOM의 특징과 종류에 대해 서술하였다.

2.1 BOM의 정의

BOM은 특정 제품(Item)과 하위 구성 부품(Item)간의 관계를 계층적으로 나타낸 조직적인 부품 또는 자재의 목록이다. 따라서 여러 부품 위에 상위품목이 존재하는 Tree로써 표현된다. 전통적인 BOM은 Fig. 1과 같이 표현되며, 특정 제품이 어떤 부품들로 구성되는가에 대한 데이터이다. 즉, 전통적인 의미에서 BOM은 상/하위 품목간의 수량 관계(Relationship)를 정의하는 Part List 또는 Material List라고 볼 수 있다.

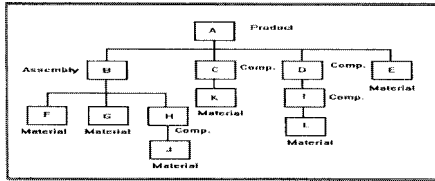


Fig. 1. 전통적인 BOM의 정의.

복잡한 제품의 양상을 표현하기 위해서는 도면과 모델, 제품 설계 과정에서 수행된 실험 평가, 각종 해석, 참조 도면, 문서 등 다양한 정보들이 존재하며 이러한 정보는 BOM의 생성과 직간접적으로 관련이 있다. 따라서 전통적인 BOM에서 중요시 하는 부품의 수량 정보에 제품 정보가 결합되면서 새로운 BOM이 정의되고 있다¹¹⁾. 따라서 새로운 BOM의 정의에 따르면 Fig. 2와 같이 단순히 부품과 상위 품목의 모자 관계, 도면, 기술자료, 원가, 공정 정보, 작업장 정보 등을 제품의 전 수명 주기에 걸친 기준 데이터로 보는 것이 적절하다. 즉, BOM은 제품 정보와 거의 동일한 개념으로 보아야 한다.

기존의 BOM에 대한 논의는 단지 제품의 부품 List, 혹은 구매를 위한 자재 List 등 단일 제품에 대한 관리 방법이 많았으며, BOM이 MRP(Material Requirement Planning)에 핵심적인 정보로부터 활용된 측면이 강조된 것이었다. 그러나, 신속한 고품질 소량 다품종 맞춤형 제조 환경 및 기업 정보 시스템의 변화에 따라 BOM의 역할이 중요해지면서 BOM이 포함하는 정보가 제품 정보로 확대되어 변화하였다. 따라서 BOM과 Product Structure, Product Data는 유사한 의미로 확장되었다.

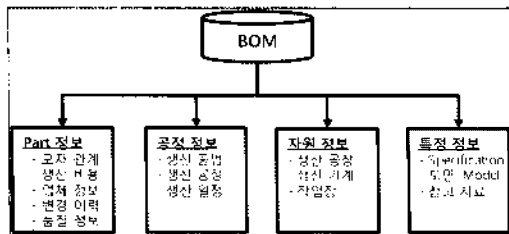


Fig. 2. BOM에 포함되는 정보.

2.2 BOM의 종류

BOM은 각 제조 산업 또는 제조사의 특징, 활용 용도 별로 존재하는 목적별 BOM, 제품 수명 주기에 따른 BOM 등 다양한 형태로 존재한다. 그러나, 동상 제품의 기능적인 측면을 고려한 설계 BOM과 생산 과정을 고려한 생산 BOM으로 구별된다.

■ 설계 BOM(Engineering-BOM)

디자인, 제품 개발 부서에서 사용하는 BOM으로 제품의 디자인이 완료되면 나오는 BOM이다. 개발/설계 단계에서 사용하는 제품 구성을 계층 구조로 표현한 것이다. 설계 도중에는 시뮬레이션 데이터 상태로 존재하지만 디자인이 완료되면 정식적인 BOM 데이터로 존재한다.

■ 생산 BOM(Manufacturing-BOM)

생산 부서에서 사용하는 BOM으로 일반적으로 BOM이라 하는 것은 이 M-BOM을 말한다. E-BOM이 제품의 기능에 따라 BOM을 분류 하였다면, M-BOM은 제품의 제조/조립순서에 따라 계층적 구조를 가진다. M-BOM에는 공정 정보가 부가되고 이것은 ERP나 PLM의 기본 정보가 되어 실제 제품이 생산 된다.

2.2.1 제조 산업별 BOM의 종류

(1) MTS, ATO 전략의 BOM

MTS, ATO 전략은 수요 예측 과정을 통하여 제품을 선행 개발하고 고객의 주문에 따라 조립 생산을 수행하거나, 사전 생산 후 판매하는 전략을 의미한다. 이 시장 생산 방식의 공통점은 제품의 생산 형태가 표준화(standardization)/모듈화 되어 있다는 것이 공통점이라 할 수 있다. 여기서 표준화는 재료, 부품, 제품 등을 일정한 표준 또는 규격을 합리적으로 선정하고, 설정된 표준이나 규격에 맞게 제조되고 수행되도록 피하는 것을 의미한다. 모듈화는 시장에서의 고객의 요구나 필요에 따라 유선으로 추가 부품이나 제품을 제공하고 이것을 모듈화해서 관리하는 것을 의미한다. 시장 생산 방식에 있어 표준화와 모듈화는 매우 중요한 전략이다. 고객은 원하는 기능을 자유롭게 선택할 수 있고, 세공사는 고객의 요구를 모듈의 조합으로 제안 하는 것이 가능하기 때문이다. 다양하고, 빠르게 변화하는 고객의 요구에 대응하기 위해 생산 방식은 점차 발전하였고, 제품의 성격에 따라 다양한 생산 방식을 채택하고 있다. 유사한 형태의 제품을 경쟁업체 보다 고품질, 저비용으로 생산할 수 있어야 하기 때문이다. 생산 방식은 소 품종의 표준화된 제품을 대량으로 공급하던 소 품종 대량생산을 거쳐 현재의 단계인 다 품종 소량 생산 체계로 넘어 왔다. 생산 방식 자체가 이렇게 규격화 변화가 가능할 수 있었던 것은 정보 기술의 발전이 생산 방식의 발전 속도에 비해 발달했기 때문이다.

CAD/CAM/CAE, ERP, PDM, PLM 등의 도입으

로 이를 통한 시장 예측과 더욱더 정확한 표준화가 가능했기 때문이다. 이렇게 표준화된 BOM을 기반으로 정확한 자재 소요량과 구매시점 관리가 가능하다. 시장 생산 방식에서는 표준화된 BOM을 이용하여 설계, 구매, 제작, A/S 등이 이루어진다. 시장 생산 방식에서는 시장 조사와 수요 예측을 통해 상품 기획을 통하여 개발 계획을 수립하고, 이것을 바탕으로 개발을 하게 된다. 개발이 완료되면 설계자는 E-BOM을 구성한다. 그리고 Prototype을 제작해 부서관 협의 후에 BOM을 최종 완성시키고, 이를 이용해 M-BOM을 구성한다. 이 완성된 M-BOM을 바탕으로 ERP/PLM을 이용해 구매 발주가 이루어지고, 작업지시서에 의하여 생산이 이루어진다.

(2) 수주 주문형(ETO) 생산 방식

조선 및 해양, 건설 및 플랜트 산업의 생산 방식은 주로 ETO 전략이다. ETO 전략은 고객의 주문에 의하여 설계부터 생산까지 완료하는 전략을 말한다. 조선산업에 있어서 선박 건조는 선주의 요구에 따라 배의 형태, 기능 등이 완전히 달라짐으로 각 부품이나 자재들을 표준화 하기가 어려운 산업이다. 따라서 Series 호선을 건조할 경우에도 선박의 기본 기능은 변하지 않지만, 의장과 선체 등의 설계 항목과 도면은 변화되기 마련이다. 따라서 조선산업은 설계 및 생산공정의 표준화와 자동화가 어려운 전형적인 단위생산(Unit Production)을 그 특징으로 한다. 따라서 ATO, MTS 전략과 같이 유사한 생산물들을 연속, 혹은 반복적으로 제조하지 않으며, 요구되는 선박의 기능이나 공법에 따라 부품의 종류가 항상 변화한다. 단위생산 체제에서는 생산공정의 반복성의 정도가 매우 낮으며, 선박의 양은 무거나 개수가 아닌 개별적 단위(unit)로 측정된다. 조선산업의 생산공정은 개별적이고 미세한 추상적 수치로 정의되거나, 로봇이나 수치제어 기기의 적용에 적합한 표준화된 연속적 패턴으로 자동화 하기가 매우 어렵다. 또한 연속생산 공정처럼 물질의 화학적 성질을 조작하는 것도 아니다. 작업내용은 노동집약적 성격이 매우 강하며, 근로자들의 경험적 숙련도와, 집단적 팀워크가 생산성을 크게 좌우한다.

선박은 영업 설계 및 상세 설계 단계에서 미리 부품과 원재료를 주문하기 위하여 예측(예량) BOM을 사용하고 있다. 또한 생산 설계를 통하여 생산 BOM을 별도로 추출하고 있다. 이러한 생산 BOM은 각각의 제품 마다 정의되는 특징을 가지고 있다. 따라서 각 설계 단계에 따라 별도의 BOM이 구성되고 구매/

발주/생산 행위로 이어진다는 것을 알 수가 있다. 설계와 생산이 모두 마무리 되는 시점에서 완성된 BOM이 나온다는 것이 ATO/MTS와 크게 구별되는 점이라 할 수 있다.

조선 산업 역시 E-BOM, M-BOM이 각 단계별로 사용이 되고 있으나, 각 호선 별로 Project BOM을 구성하여 사용하고 있다. 이는 ATO/MTS에서 Option/Variant를 관리하기 위해 사용하는 Modular BOM과 같이 최 상위에서 제품 구성을 정의하는 BOM이라고 볼 수 있다.

Fig. 3은 제조 전략의 특성에 따른 BOM의 특성을 정리한 것이다.

	MTS	ATO	MTO	ETO
계약에 사용되는 BOM	재공별 BOM	Planning BOM	고객 주문 별 Project BOM	고객 주문 별 Project BOM
제품 생산량	없음	중간	적음	적음
제품 종류	적음	중간	없음	아주 많음

Fig. 3. 제조 전략의 특성과 BOM.

선박 의장에서 사용하는 BOM은 3장에서 상세하게 설명하고자 한다.

3. 선박 의장 BOM의 특징

제2장에서는 BOM의 정의에 대해 언급하였으며 제조 전략 별로 사용하는 BOM의 특징에 대해 언급하였다. 본 장에서는 선박 의장 BOM의 특징과 수명 주기 별 BOM 통합과 관련된 요구사항을 정리하였다.

3.1장에서는 의장 BOM의 특징에 대해, 그리고 3.2 장에서는 현재 의장 설계 프로세스와 BOM 정보 흐름을 분석하였다.

3.1 의장 BOM의 특징

의장 BOM은 앞 장에서 살펴 보았듯이 그 범위가 넓기 때문에 본 장에서는 의장 BOM중 배관을 중심으로 그 특징과 조건에 대해 기술하고자 한다. 배관 BOM은 크게 MML, 예량 BOM, 상세 BOM, 생산 BOM으로 분류할 수 있다.

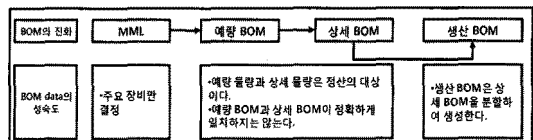


Fig. 4. 단계별 BOM의 진화.

■ MML(Main Machinery List)

이 MML은 E-BOM의 한 종류로서 영업 설계 단계에서의 산출물인 Building Spec.에서 추출을 하고 조달 시점이 오래 걸리는 장남기 자재들의 LIST이다. 단순히 보면 자재들의 LIST이지만, 이 MML은 선주의 요구 사항도 일부 포함하게 된다. 예를 들어 선주가 특정 선속 이상을 요구하거나 화물 Capacity에 대한 언급을 한다면, 이에 맞게 메인 엔진과 자재가 구성 된다는 뜻이다.

■ 예량 BOM

앞 장에서도 살펴 보았듯이 조선 산업의 특징은 설계와 생산이 동시에 진행된다고 언급하였다. 그래서 설계가 진행 됨에 따라 차후에 사용될 부품을 미리 구매/조달을 할 수 있게 만드는 것이 예량 BOM이다.

Fig. 5와 같이 기본 설계에서는 예량 물량 산출을 위해 2D로 P&ID(Pipe Instrument Diagram)를 작성하고 이 작성된 P&ID를 바탕으로 생산에서 쓰일 물량을 산출한다. 2D 도면으로 작성되기 때문에 정확한 물량의 산정은 어렵고 생산 시점에서 한번에 자재를 조달하기는 어렵기 때문에 생산 시점에 맞추어 미리 자재를 구매/발주하는 것이다.

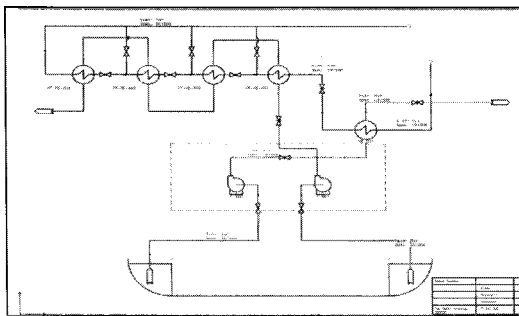


Fig. 5. P&ID의 예.

■ 상세 BOM

상세 BOM은 기본 설계에서 작성한 2D P&ID를 3D로 상세 모델링해 예량 단계에서 산출하지 못한 물량을 산출하고, 구매/발주를 하게 된다. 상세 BOM을 발행하게 되면 의장 불량은 98% 이상 완료가 된다. 즉 상세 BOM은 정확한 물량 구매와 계획 물량 정보를 생산계획에 전달하기 위해서 작성이 된다.

■ 생산 BOM

생산 BOM은 다른 세 가지의 BOM과는 다르게 M-BOM의 일종이다. 상세에서의 3D 모델을 바탕으

로 제작/설치도를 만들고, 이 제작/설치도를 바탕으로 생산에 필요한 정보를 추출한 BOM이다. 보통 선체의 Stage와 연계되어 생성이 된다. 제작/설치도를 만들 때 사용되는 3D 모델은 가상 마지막 최종 버전의 모델로 만들게 된다. 이것은 생산 BOM이 직접 설치 제작에 필요한 정보를 담기 때문에 최신의 정보를 작업자에게 통보해야 하기 때문이다.

이 같이 의장 BOM은 MML 부터 생산 BOM에 이르기까지 단계 별로 Lifecycle을 가지고 진화하며, 각 단계별 BOM은 서로 연관 관계가 있음을 알 수 있다. 정리하자면 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 MML은 선주 요구 사항을 반영한 주요 장비의 결정을 하고, 예량/상세 BOM은 물량 구매를 위한 예측 정보이고, 생산 BOM은 각 단계별 BOM이 연관되고 선체와의 협업을 통해 생산에 필요한 정보를 담고 있는 BOM이다.

3.2 현 조선소의 의장 BOM 이슈

3.1장에서는 의장 BOM의 특징에 대해서 살펴 봤다. 본 장에서는 의장 BOM과 관련된 협업의 이슈에 관해서 서술하겠다.

영업 설계와 기본 설계, 상세 설계는 System 단위로 분할해서 설계를 하는 E-BOM에 속하고 생산 설계는 Block과 Zone을 고려해서 작업을 분할하는 M-BOM에 속한다. BOM의 진화 측면에서 의장 BOM은 계약 Spec.을 설계 소스로 MML을 작성하고, MML을 문서로 발행한 것을 바탕으로 기자재 POR(Purchase Order Requirement)을 발행하게 된다. 이 POR은 ERP로 접수되어 구매를 하는데 사용된다. 기본설계/상세 설계 역시 비슷한 과정을 통해서 예량/상세/생산 물량에 관한 POR을 발행하게 된다. 현 조선소의 AS-IS는 각 설계 단계별로 BOM간의 직접적인 연계는 없어 보인다. 다만 영업에서의 Spec.과 나머지 단계의 도면들이 정보 연계를 통해 차후 BOM의 정산이나 각 자재들이 어떤 블록에 설치되었는지를 알 수 있게 되어 있다.

지금까지 현 조선소의 의장 BOM의 프로세스에 대해 간략히 살펴보았다. 이 같이 현 조선소는 3D CAD, ERP 등 정보환경 변화에 따라 새로운 IT 기술을 접목하고 각 설계 단계 별로 최적화를 하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 하지만 여전히 P&ID 등에서 추출한 BOM이 연계 관계가 확실하지 않아 활용도가 떨어지고, 선산상의 BOM과 실물 재고와의 불일치로 인해 잉여재가 발생하고 있는 실정이다. 잉여재의 발생은 불필요하게 BOM을 중복 발행시키고 정확하지

않은 불량 정보는 자재 준비율을 저하시키고 이로 인해 생산까지 지연되는 문제를 발생시키고 있었다.

다음은 현업의 의장 BOM 업무와 관련된 이슈를 일부 정리 한 것이다⁶⁾.

- √ 설계, 일정계획, 자재발주, 생산이 동시 또는 순차적으로 수행되므로 BOM 정보를 공유하여야 한다.
- √ 동일 시점, 다중 사용자가 BOM을 사용하도록 해야 한다.
- √ 최신 BOM 정보를 정확하게 유지하여야 한다.
- √ BOM 변경에 따른 history를 유지해야 한다.
- √ 주요기자재목록, 예량 BOM, 상세 BOM, 생산 BOM 등 다양한 목적의 BOM을 제공해야 한다.
- √ 설계 도면, 모델과 BOM이 연계성을 가져야 한다.
- √ Series Project를 활용할 수 있도록 실적 정보를 생성, 유지해야 한다.
- √ 작업일정계획에 따른 도면/물량 정보를 Monitor 해야 한다.
- √ CAD System, ERP, 他 시스템 별로 BOM의 생성/수정/관리 주체를 정의해야 한다.

이러한 각 이슈들은 정확한 BOM 정보 유지, 다양한 BOM의 통합, 도면, 모델과 BOM 정보 연계 등을 통하여 해결할 수 있다.

4. 의장 BOM 관리 모델의 제안

통합 의장 BOM관리 모델은 의장의 예량, 상세, 생산 BOM을 연관 관계를 맺어 주고 정보를 통합적으로 관리하는 제품 정보 구조체이다. 통합 의장 BOM은 의장품을 구성하는 부품의 계층적인 연관 관계와 BOM을 통한 불량 구매에 관한 정보를 전달하고, 이 둘이 어떤 연관 관계를 가지는지를 나타낸다.

최근에 전사적으로 사용되는 BOM을 중심으로 제품의 수명주기 동안 생성되는 모든 제품 정보를 통합하여 동일한 저장 개체를 이용하여 모든 부서가 공통으로 접근하는 환경을 제공하는 PLM 시스템이 주목을 받으며, 이를 지원할 수 있는 Enterprise BOM에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 논문에서는 개념적이고 추상적인 Enterprise BOM을 조선 산업의 의장 BOM 관리에 적용하기 위한 방법을 제시한다.

본 연구의 통합 의장 BOM관리 모델은 Structure BOM과 Display BOM으로 두 가지로 구성이 된다.

Structure BOM은 다양한 종류의 BOM을 하나의 제품 구조로 표현하기 위한 방법이고, BOM을 생성하기 전에 제품의 트리 구조를 정의한다. Display BOM은 제품의 구조를 View로 보여주는 BOM으로 사용자가 원하는 속성만을 추출하여 원하는 형태로 구성할 수 있는 BOM이다. 요약하자면, Structure BOM으로 제품/구성품/부품의 계층적 구조로 표현해 각 제품을 구성하는 요소, 연관 관계 등을 파악할 수 있고, Display BOM을 통해서 사용자는 원하는 정보만을 추출해 화면상에서 BOM의 정보를 확인할 수 있는 것이다.

4.1 BOM 구조 측면의 조건과 요구 사항

3.2절에서 현 조선소의 이슈에 대해 알아 보았다. 그것을 바탕으로 구조 측면에서의 BOM 요구 사항을 도출하면 다음과 같다⁷⁾.

- √ 다양한 종류의 BOM을 연계시킬 방안이 필요하다.
- √ 설계 변경에 따른 BOM 정보 변화를 추적해야 한다.
- √ BOM 변경에 따른 History가 유지되어야 한다.
- √ 설계, 생산 등의 잦은 Process 변화에 독립적이어야 한다.
- √ BOM에 설비, 일정, 공정, 제품 정보를 연계하여야 활용할 수 있다.
- √ 설계 정보 및 모델/도면과의 연계성이 유지되어야 한다.
- √ 언제/어느 곳에서나 최신 정보를 유지/활용할 수 있어야 한다.
- √ 동일시점/다중사용에 따라 정합성을 유지해야 한다.

이 같이 구조 측면에서 볼 때 다양한 요구 사항이 존재 하는데 이것은 크게 세 가지로 요약할 수가 있다. 즉 다양한 종류의 BOM을 통합할 수가 있고, BOM과 BOM의 정보 연계가 되어야 하며, 항상 BOM을 가지는 구조에는 최신의 정보가 담겨 있는 BOM 구조를 정의할 수 있으면 위의 요구 사항을 만족시킬 수 있다는 것이다.

4.2 현 조선소의 단계별(Lifecycle) BOM

■ 영업/기본 설계 단계의 BOM Structure(배관중심)
기본 설계에서는 앞장에서 설명한 바와 같이 예량 불량을 산출하는 단계이다. 예량 불량 산출의 과정은 다음과 같다.

- √ P&ID로부터 SWBS를 정의
- √ System 별로 Item을 정의
- √ System 별로 물량을 산출한다.

System을 SWBS(System Work Breakdown System)로 정의하였고, 각 시스템 별로 장납기 자체인 오일 펌프와 메인 엔진을 MML로 추출했다. 그리고 Main Fuel System의 Item을 정의해 파이프, 플랜지, 밸브의 예량 물량을 산출한다.

■ 상세 설계 단계의 BOM Structure(배관중심)

상세 설계 단계에서는 P&ID를 기본으로 System 별로 3D CAD를 통해 시스템을 배치해 설계를 한다. Fig. 7을 보면 Main Fuel System은 3D CAD 상에 배치가 되고 이때 배치된 Pipeline은 어떤 Area에 속하게 되는지의 정보를 가지게 된다. 이것을 바탕으로 상세 설계에서는 Area내에의 System별로 상세한 물량을 산출하고, 거의 모든 물량을 확정 짓는다.

■ 생산 설계 단계의 BOM Structure(배관중심)

생산 설계 단계에서는 3D CAD에 배치된 Pipeline은 Pipe Piece 단위로 쪼개쳐서 설치될 블록에 연결이 된다. 여러 Pipe Piece 중에서 몇몇은 기자재와 함께 묶여져 Unit을 구성해 설치될 블록에 연결이 된다. Fig. 8을 보면 배치된 Pipeline은 생산 단위인 Pipe Piece로 분할되고, 제작 및 설치 물량으로 산출이 되

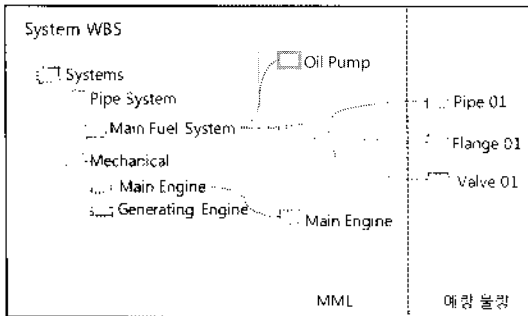


Fig. 6. 기본 설계 단계의 Product Structure(배관).

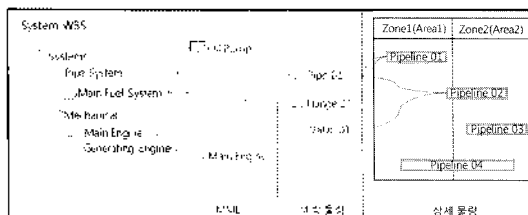


Fig. 7. 상세 설계 단계의 Product Structure(배관).

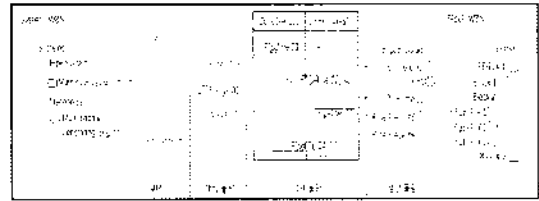


Fig. 8. 생산 설계 단계의 Product Structure(배관).

는 것을 볼 수 있다. 생산에서의 물량은 앞선 단계에서 나오는 물량을 기준으로 모자란 부품의 POR을 발행하게 되는데 아주 적은 양 만을 발행한다.

이와 같이 의장 BOM은 각 설계 단계(Lifecycle) 별로 서로 연관 관계를 가지고 진화를 하게 된다. 각 Lifecycle 단계의 BOM은 System, Block, Zone을 참조하여 구성이 되지만, 실제 조선소의 예량 BOM에서 상세 BOM의 물량 차이가 발생하고 BOM과 BOM 간의 연결은 잘 되지 않는다. 그로 인하여 잉여재 발생 및 전산과 실물의 불일치가 발생한다. 그래서 본 연구의 모델인 Structure BOM을 통해 연관관계를 명확하게 해주고 최신의 정보 유지를 위해 본 모델이 필요한 것이다.

4.3 Structure BOM과 Display BOM 모델

4.3.1 Structure BOM을 적용한 의장 BOM(배관)

Fig. 9와 같이 Structure BOM이란 조선의 의장 BOM들을 관리하기 위한 BOM 구조를 뜻한다. Structure BOM은 의장 BOM을 분석하여 연관 관계를 맺어 주고, 동시에 용도별, 목적별, 단계별로 BOM 정보를 속성에 따라 검색이 가능한 구조를 의미한다.

본 연구에서 제안하는 Structure BOM은 영업/예량/상세/생산 BOM으로 관리를 해오던 기존의 4단계 Lifecycle BOM 체계에서 미 확정 단계 BOM과 확정 단계의 BOM으로 2단계의 Lifecycle로 관리하는 것으로 정의한다.

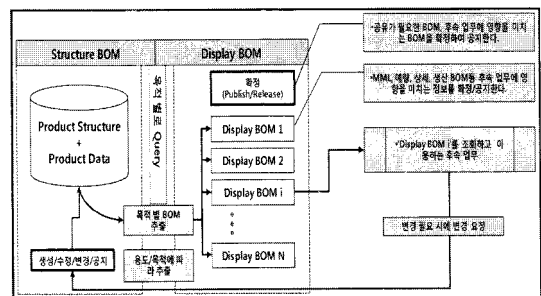


Fig. 9. Structure BOM과 Display BOM의 관계.

먼저 첫 번째 단계인 미 확정 단계에서는 MML과 예랑 BOM을 미 확정 BOM으로 통합 관리한다. 두 번째 단계인 확정 단계에서는 상세 BOM 부터 생산 BOM을 확정 BOM으로 통합해 관리한다. 여기서 BOM의 추적성을 유지하기 위해서 System 간의 연결을 통해 추적성과 연관 관계를 유지한다. 앞 장에서 이야기한 현 조선소는 BOM간의 연관 관계를 유지하기 위해 Pipe에서 3D CAD를 통해 Pipeline으로 시스템을 배치한다고 언급을 했었다. 이같이 중간에 CAD를 거쳐서 BOM의 연관 관계를 유지하기 때문에 BOM이 정보 시스템의 변화에 독립적이었다. 그렇지만 본 연구에서 제안하는 BOM Structure는 System 단으로 바로 미 확정 BOM과 확정 BOM이 연관 관계를 가지기 때문에 정보 시스템의 변화에 독립적이고 중간에 다른 시스템의 개입 여지가 없기 때문에 BOM간의 명확한 연계가 가능한 것이다.

4.3.2 Display BOM을 적용한 의장 BOM(배관)

Display BOM이란 용도별, 목적별로 의장 BOM을 사용자가 원하는 속성만 추출해서 보여 주는 BOM View를 의미한다. Display BOM은 단순히 사용자가 원하는 정보를 Structure BOM 데이터베이스에 Query 해서 조건에 검색된 BOM만을 보여 주기만 한다. 그래서 그 기반이 되는 Structure BOM이 명확하게 구축이 되어 있어야 하며, 실제 사용자는 BOM에 관한 정보를 볼 수 있을 뿐이지 화면에 나와있는 상태로서는 수정을 가할 수 없다. 만약에 BOM의 생성이나 수정 작업이 필요할 때는 Structure BOM의 데이터베이스 관리자에게 요청을 해서 필요한 변경 작업

을 진행할 수 있다.

Structure BOM에는 Item과 속성 정보 등이 저장되어 있고, 이 속성 정보들을 Structure BOM 데이터베이스에 Query를 통해 사용자가 원하는 BOM으로 추출해 화면 상에 표현하는 것이다. 단순히 화면상에서 정보를 확인하고, 다음 업무에 필요한 BOM을 확정/공지하는 역할만 하기 때문에 Structure BOM에 종속적이라고 볼 수 있다. 그리고 중요한 변경의 경우는 Structure BOM에 변경 요청을 통해 변경을 하게 된다. 이렇게 변경된 정보는 다시 Display BOM에 적용되고 후속업무에 필요한 정보는 확정을 통해 배포하게 되는 것이다. 이런 과정을 통해 Structure BOM에는 항상 최신의 정보가 유지되는 것이다.

4.4 Structure BOM과 Display BOM의 적용 모델

앞에서 제안한 Structure BOM과 Display BOM을 바탕으로 이번 4.4절에서는 의장 BOM을 통합하여 관리할 수 있는 의장 BOM 관리 모델을 제안하고자 한다. Structure BOM과 Display BOM으로 통합 관리되는 의장 BOM의 모델은 Fig. 10과 같다.

5. 결 론

본 연구에서는 Structure BOM과 Display BOM을 이용해 의장 BOM의 관리 모델을 제안하였다. Structure BOM은 Product Structure에 제품의 관한 속성 등 관련 정보를 모두 입력하여 제품 구조와 제품 정보를 모두 가지고 있는 BOM이라고 정의하였다. 그리고 Display BOM은 Structure BOM에 담겨 있는

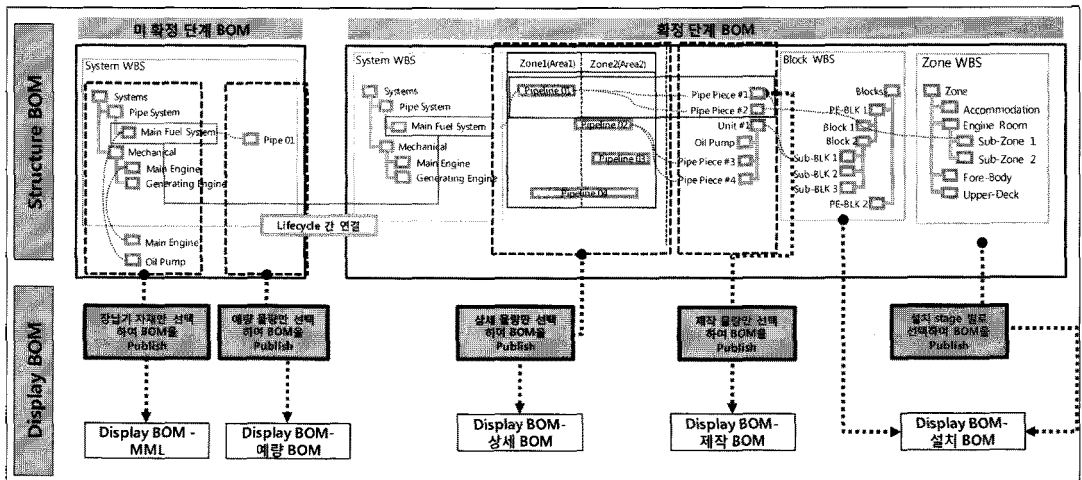


Fig. 10. 의장 BOM 통합 관리 모델.

정보를 사용자가 원하는 속성만을 추출해 볼 수 있는 BOM이라고 정의하였다. 따라서, Display BOM은 Structure BOM에 종속적인 경향이 있으며 성보를 확인, 변경 요청을 하는 것 외에는 별다른 권한은 없다. 이 두 모델을 통해 다양한 종류의 BOM 통합을 할 수 있었고, System간의 연계를 통해 BOM과 BOM 사이의 정보를 연계시킬 수 있었다. 목적별 BOM View인 Display BOM 같은 경우 변경이나 수정이 필요할 시 Structure BOM에 요청하여 변경/수정을 함으로써 Structure BOM에는 항상 최신의 정보를 유지할 수 있게 된다.

본 연구에서 제안한 Structure BOM과 Display BOM을 반영하여 의장 BOM의 단계별(Lifecycle)로 진화하는 BOM의 연관 관계를 맺어주고 추적성을 확보하기 위한 BOM 관리 모델을 제안했다. 의장품의 범위는 실로 너무 방대하기 때문에 배관이 위주로 된 모델을 제안 했는데, 철의장, 전장, 기장 등 다른 분야에 관한 일반적인 Structure BOM과 Display BOM 모델을 제안하지는 못했다. 이러한 점을 보완하기 위해 차후 연구에서는 다른 분야의 BOM 간의 Mapping 문제를 해결하기 위해 분야별 BOM의 차이를 분석해 정리할 필요가 있다고 생각한다. 그리고 차세대 정보환경 중 하나인 PLM을 이용해 본 모델을 적용해 보는 연구도 진행되어야 할 것 같다.

감사의 글

본 논문은 한국 연구재단에서 지원하는 핵심연구지원 사업(2011-0000154)과 인하대학교의 지원에 의해 연구되었습니다. 위 기관의 연구비 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 상규석, "Multiple Views를 지원하는 통합 자재명세서관리 시스템의 구조 설계," 서울대학교 산업공학과 석사학위 논문, 1998.
2. 김대환, "통합 자재명세서관리시스템 개발," 서울대학교 산업공학과 공학석사학위논문, 1997.
3. 문희석, 김선후, "Family 자재명세서를 이용한 효율적인 설계 정보 관리에 관한 연구," 대한산업공학회/한국경영과학회 '96 춘계 공동학술대회 논문집, pp. 346-351, 1996.

4. 지용구, "Modular 자재명세서의 생성 및 데이터베이스 구축을 위한 연구," 서울대학교 산업공학과 공학석사학위논문, 1997.
5. Accenture, "대우조선 프로세스 혁신 프로젝트 보고서," 2001.
6. 이상현, 이재범, 이경호, 김대식, 서홍원, "조선 PLM - 영업실계를 중심으로 구현한 PLM Prototype 구현," 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 1779-1791, 2008.
7. 황성룡, "수주 및 설계생산 환경에서의 CIM 시스템을 위한 BOM과 라우팅의 통합," 울산대학교 박사학위논문, 1999.
8. Balcerak, K. J. and Dale, B., "Structuring Modular Bill of Material with Usage Pattern Analysis," *International Journal of Production Research*, Vol. 30, No. 2, pp. 28-298, 1997.
9. Chang, S. H. and Li, R. K., "Manufacturing Bill of Materials Planning," *Production Planning and Control*, Vol. 8, No. 5, pp. 437-435, 1997.
10. Chung, Y. and Fischer, W., "A Conceptual Structure and Issue for an Object-Oriented Bill of Materials Data Mode," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 321-339, 1994.
11. Clement, J. A. and Sari, J., *Manufacturing Data Structures*, Oliver wright publication, 1992.
12. Cunningham, M. and Brown, J., "A Decision Support Tool for Planning Bill-of-Materials," *Production Planning and Control*, Vol. 7, No. 3, pp. 312-323, 1996.
13. Hastings, Nicholas, A. J. and Yeh, C.-H., "Bill of Manufacture," *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter, p. 27, 1992.
14. Kini, R. B. and Mosier, C. T., "Part Identification and Group Technology: A New Approach," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 10, No. 2, pp. 134-145, 1991.
15. Nandakumar, G., "The Design of a Bill of Material Processor Using a Relatioal Database," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 6, pp. 15-45, 1985.
16. Tasiopoulos, I. P., "On the Unification of Bil of Materials and Routings," *Computers in Industry*, Vol. 31, pp. 293-304, 1996.
17. Trappey, A. J. and Lin, H. D., "An Object-Oriented Bill of Materials System for Dynamic product Management," *Journal of Intelligent Manufacturing*, No. 7, pp. 365-371, 1996.
18. Van Veen, E. A. and Wortman, J. C., "Generative Bill of Material Processing Systems," *Production Planning and Control*, Vol. 3, No. 3, pp. 314-326, 1992.



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 선임 연구원
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 장 현

1993년 서울대학교 조선해양공학(공학사)
1995년 서울대학교 대학원 조선해양공학(공학석사)
1999년 서울대학교 대학원 조선해양공학(공학박사)
1999년~2002년 서울대학교 공학연구소 연구원
2001년~2005년 서울대학교 디지털신기술 센터 연구원 2002~2005 (주)지노스 대표이사, PLM 컨설팅 사업본부장
2005년 9월~현재 인하대학교 기계공학부 조선해양공학과(부교수)
관심분야: 디지털/가상 선박생산 시스템, PLM/PDM 시스템, 선박가공역학, 함정정보시스템



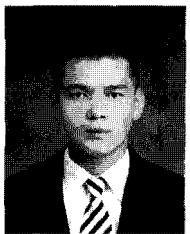
이 정 민

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