

# 수주생산 환경에서의 CIM 시스템을 위한

## BOM과 라우팅의 구조화

— 조선산업 사례 중심 —

황성룡<sup>1</sup> · 김재균<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>신한기계(주) 부설연구소 / <sup>2</sup>울산대학교 산업정보경영공학부

### Structuring of BOM and Routings for CIM System In Make to Order Environments

— Application of the CIM System for Ship Production —

Sung-ryong Hwang<sup>1</sup> · Jae-gyun Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute, Shinhan Machinery, 117, Woobong-Ri, Onsan-Eup, Ulju-Gun, Ulsan, 689-890

<sup>2</sup>School of Industrial Engineering, University of Ulsan, San 29, Mugeo-Dong, Nam-Gu, Ulsan, 680-749

Two key data areas of the integrated production database in computer-integrated manufacturing (CIM) systems are the product structure in the forms of bills of material(BOM) and the process structure in the forms of routings. The great majority of existing information systems regard the BOM and routing as two separate data entities, possibly with some degree of cross-referencing.

This paper proposes new information structure called the bills of material and routings(BMR) that logically integrates the BOM and routings for the CIM systems in ship production. The characteristics of ship production are described as: 1) make-to-order production type, 2) combined manufacturing principles (workshop production and construction site production), 3) significant overlapping of design, planning and manufacturing, 4) very long order throughput time, 5) complex product structure and production process.

The proposed BMR systematically manages all parts and operations data needed ship production considering characteristics of ship production. Also, the BMR situated on the integrated production database more efficiently supports interface between engineering and production functions, and integrates a wide variety of functions within production such as production planning, process planning, operation scheduling, material planning, costing etc., and simplifies information flow between sub-systems in CIM systems.

**Keywords:** BOM, routing, CIM, MTO

#### 1. 서론

제조업체의 업무를 효율적으로 지원하기 위하여 개발된 최근까지의 거의 모든 정보시스템은 제품구조(product structure)를

표현하는 BOM(bills of material)과 공정구조(operation structure)를 표현하는 라우팅(routing)을 기반으로 운영되고 있다. BOM은 최종제품을 구성하는 모든 구성품을 제조에 요구되는 단위당 필요수량과 함께 일람한 것이며, 라우팅은 BOM상의 특정 품목을 제조하는 데 필요한 순서있는 공정들의 일람표이다

\* 연락처: 김재균 교수, 680-749 울산시 남구 무거동 산29 울산대학교 산업정보경영공학부, Fax : 052-259-2180, e-mail : jgkim@mail.ulsan.ac.kr  
2001년 11월 접수, 2002년 1월 게재 확정.

(Mather, 1987).

BOM과 라우팅은 기업의 거의 모든 기능에서 사용되는 기업 문서(enterprise document)이면서 각기 다른 목적과 용도로 사용되기 때문에 기업의 다양한 기능들은 이들에 대한 서로 다른 구조와 내용을 요구한다. 현행 정보시스템에서 BOM과 라우팅의 정보체계를 분석하면 대부분의 정보시스템들이 MRP(material requirements planning) 시스템의 도입 시점에서 사용한 정보 표현방법에 의존하고 있으며 기업의 다양한 기능들이 BOM과 라우팅에 부과하는 상이한 요구사항을 충족시키지 못하여 하나의 제품에 대하여 다양한 유형의 BOM과 라우팅이 단위 시스템별로 분화되어 관리되고 있다(Van Veen, 1992). 이는 데이터 무결성 및 데이터 중복 문제를 유발시키며 시스템 간의 정보 흐름을 복잡하게 하여 시스템의 성능을 저하시키고 변경에 유연하게 대처하지 못하게 한다(Rusk, 1990). Rijn(1985)은 기업의 다양한 기능을 효율적으로 지원할 수 있는 능력의 부재를 현존하는 BOM 체계의 가장 큰 문제점으로 지적하고 있다.

제품구조의 복잡화와 고객 요구의 다양성과 같은 제조회경의 변화, 정보기술의 급속한 발전, 제품 수명주기(life cycle)의 통합화 등은 BOM과 라우팅의 구조화에 보다 향상된 개념을 요구하고 있으나, 대부분의 정보시스템들은 여전히 BOM과 라우팅을 상호 참조하는 개별적인 정보개체(entity)로 관리하고 있다(Mather, 1987; Van Veen, 1992). 밀접한 연관이 있는 BOM과 라우팅이 분리된 이유는 초기 MRP 시스템이 개발될 당시에는 테이프(tape)가 데이터를 저장할 수 있는 유일한 저장매체여서 BOM과 라우팅을 하나의 정보개체로 관리하는 것이 실제적으로 불가능하였기 때문이다(Goldratt, 1988). 그러나 최근에는 컴퓨터의 전산처리 능력과 정보 저장용량이 급격하게 증가하였음에도 불구하고 BOM과 라우팅을 개별적으로 유지하는 방법으로 이미 많은 시스템이 구축되어져 활용되고 있기 때문에 BOM과 라우팅의 통합을 시도하지 않고 있다.

BOM과 라우팅을 통합한 정보체계는 BOM상의 품목을 제조하는 데 필요한 순서있는 공정들과 각 공정에 소요되는 자재와 하위품목들을 하나의 정보개체로 구조화한 것으로, 제품구조를 기반으로 제품이 생산되는 방법을 보다 명확하게 표현하는 정보모델이다. 이는 CIM(computer integrated manufacturing) 시스템과 같은 기업통합 시스템 환경에 유용하게 적용될 수 있으며, 제품생산에 필요한 모든 품목정보 및 공정정보를 통합적으로 관리하므로 설계부문과 생산부문 간의 효율적인 연계와 생산부문 내의 여러 다양한 시스템 간의 정보통합을 지원할 수 있다.

BOM과 라우팅의 통합에 관한 기존 연구는 BOM과 라우팅을 표준정보(standard data)로 관리할 수 있는 계획생산(make to stock)과 조립생산(assemble to order) 환경에서의 생산계획 및 통제(production planning and control) 시스템을 대상으로 하고 있다(Goldratt, 1988; Hastings, 1992; Tarsiopoulos, 1996). 수주생산(make to order) 환경에서는 정보 및 업무 표준화의 어려움, 다품

종 소량생산, 사전 계획의 어려움, 복잡한 제품 및 생산공정 등의 고유 특성으로 인하여 BOM과 라우팅의 중요성에 비하여 이들 정보체계에 관한 체계적인 연구가 미비한 실정이다.

본 연구에서는 수주생산 환경의 대표적인 산업 중의 하나인 조선산업의 CIM 시스템을 효과적으로 지원할 수 있는 BOM과 라우팅의 정보체계를 제안하고자 한다. 제안하고자 하는 정보체계는 조선산업의 제품 및 생산공정의 특성과 조직적으로 분산된 생산환경을 고려하고 있으며, 제품 수명주기 동안에 발생하는 모든 품목 및 공정정보를 통합적으로 관리하는 통합정보자원(integrated information resource)의 역할을 하므로 제품 및 공정정보가 기능별로 독립적으로 관리됨으로써 해서 발생하는 많은 문제를 해소하는 수단이 될 수 있다.

## 2. 기존 연구의 고찰

최근까지의 BOM과 라우팅에 관한 연구를 살펴보면 첫째, 생산계획(production planning), 공정계획(process planning), 일정계획(operation scheduling) 등과의 밀접한 연관성에도 불구하고 BOM과 라우팅에 대한 연구는 이들 연구에 비하여 상대적으로 미흡하다. 둘째, BOM과 라우팅에 관한 대부분의 연구가 BOM과 라우팅을 표준정보로 관리할 수 있는 계획생산과 조립생산 환경에 관한 것이어서 수주생산 환경에서의 BOM과 라우팅에 관한 이론이 체계적으로 정립되어 있지 않다. 셋째, 생산유형(production type), 제품 및 공정특성, 데이터 중복성 등을 종합적으로 고려하지 못하고 수요예측, 기준생산계획, 자재소요계획 등의 특정 기능 중심의 단편적인 특징만을 기술하고 있다. 이러한 이유로 기업통합 시스템을 구축하는 경우에 기업 내부의 서로 다른 기능 간의 BOM과 라우팅에 대한 관점의 차이로 적절한 정보체계를 정의하고, 유지 및 관리하는 데에서 문제가 발생한다.

기존 BOM과 라우팅 체계를 중심으로 자재부문과 일정부문의 정보흐름을 표현하면 <그림 1>과 같다. 기존 정보시스템은 BOM, 라우팅, 불출일람표(pick list), 기준생산일정/실적, 그리고 공정일정/실적을 상호 연계가 미흡한 별개의 정보개체로 관리하고 있다. 일반적으로 공정계획 시스템에서는 설계업무

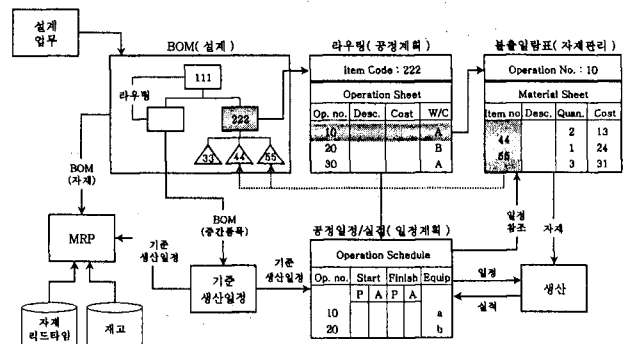


그림 1. 기존 BOM과 라우팅 체계의 정보흐름.

의 결과로 생성되는 BOM을 이용하여 BOM상의 중간품목(interim product)별로 라우팅을 작성하며 자재관리 시스템에서는 공정별 소요자재 일람표를 의미하는 불출일람표를 작성한다.

일정부문의 정보흐름은 생산계획 시스템에서 BOM의 중간품목별로 기준생산일정(master production schedule)을 수립하면, 일정계획 시스템에서는 기준생산일정과 라우팅을 이용으로 생산현장의 상황을 고려한 공정일정(operation schedule)을 수립한다. 생산현장에서는 공정일정과 자재관리 시스템에서 출고된 자재를 이용하여 특정 생산 업무를 수행한 후 이의 결과를 공정일정/실적에 반영한다. 자재부문의 정보흐름을 살펴보면, 자재관리 시스템에서는 기준생산일정, BOM상의 자재, 자재별 구매 리드타임, 현재의 재고 등을 이용하여 자재 소요량을 계산하고 자재일정(material plan)을 수립한 후 자재가 입고되면 공정일정을 참조하여 생산현장으로 자재를 불출한다.

이상의 정보흐름을 기반으로 기존 BOM과 라우팅 체계의 문제점을 지적하면 다음과 같다. 첫째, BOM과 라우팅이 분리되어 있기 때문에 공정과 자재 간의 관계를 파악할 수 없어 별도의 불출일람표가 필요하다. 둘째, 자재소요계획은 BOM상의 중간품목 생산에 필요한 모든 자재가 기준생산일정의 시작 시점에 필요하다는 것을 가정하고 있다. 그러나 기준생산일정의 시작 시점에서 모든 자재가 일시에 필요한 것이 아니며 일부 자재는 몇 개의 공정이 수행된 후에 요구된다. 특히, 중간품목 생산에 필요한 공정이 다수이면서 각 공정의 수행기간이 장시간인 경우에는 기준생산일정의 시작일을 기준으로 자재일정이 수립되면 상당한 양의 자재를 재고로 보유해야 한다는 부담이 생긴다. 셋째, 자재소요계획과 일정계획의 순차적인 수행으로 인한 이들 상호간의 모순이다. 자재소요계획은 현장상황이 고려되지 않은 기준생산일정을 이용하여 자재일정이 수립되므로 생산현장에서 요구하는 자재 소요시기와 일치하지 않아 자재부족 또는 자재과잉을 발생시킨다. 자재부족은 생산진행을 지연시키므로 이를 방지하기 위하여 기준생산일정의 리드타임과 자재구매 리드타임에 충분한 여유시간(slack time)을 포함시킨다. 이는 일정기간 동안 자재를 재고로 보유해야 하는 문제를 발생시킨다. 넷째, 변경에 대한 대응능력의 부족이다. 설계변경으로 인한 BOM 변경, 자재 수급 환경에 따른 자재일정 변경, 생산여건에 따른 공정일정 변경 등에 대하여 관련있는 정보들이 통합되지 못하고 단위 시스템별로 관리되고 있기 때문에 이러한 다양한 변경에 대하여 효율적으로 대응하지 못하는 문제가 발생한다.

본 논문에서 제시하고자 하는 정보체계는 단위 시스템별로 독립적으로 관리되고 있는 BOM, 라우팅, 불출일람표, 기준생산일정/실적, 그리고 공정일정/실적을 논리적인 단일 정보체로 통합한 것이다.

Goldratt(1988)은 BOM과 라우팅을 통합하는 제품 네트워크(product network) 기반의 생산계획 및 통제 시스템인 OPT(optimized production technology) 시스템을 개발하였다. OPT 시스템은 BOM과 라우팅을 통합하는 최초의 체계적인 시도였다.

그러나 OPT 시스템에서 사용하는 정보체계는 이해하기 어려운 개념을 기반으로 하기 때문에 구현 및 운영에 어려움이 있다. 이는 정보화 환경이 열악한 중소기업에서는 심각한 문제가 된다(Tatsiopoulos, 1996).

Hastings(1992)은 제품 생산에 필요한 순서있는 공정들과 각 공정에 소요되는 자재와 중간품목들을 동시에 표현하는 BOMfr(bills of manufacture)을 제시하였다. BOMfr은 품목과 공정 간의 관계를 정의하고 있다. 이 관계는 라우팅 내의 특정 공정에 사용되는 BOM상의 품목을 지정한다. BOMfr은 기존의 BOM과 라우팅의 역할을 충족시키면서 자재소요계획, 능력소요계획, 일정계획, 공정관리 등의 시스템에서 계획 및 실행을 위한 표준정보로 사용된다. BOMfr은 공정 수행에 필요한 자재들 간의 관계를 표현하는 능력은 우수하나 품목과 공정을 근본적으로 통합한 것이 아니라 전통적인 BOM의 제품구조 개체에 BOM의 품목과 공정 간의 관계를 추가한 것이다(Van Veen, 1992). 또한, BOMfr은 단일수준(single level) 구조이기 때문에 제품과 공정의 전반적인 구조를 이해하는 데 어려움이 있다.

Tatsiopoulos(1996)는 공정과 BOM의 품목마스터(item master)를 자원(resource) 개체로 통합하는 방안을 제시하였다. Tatsiopoulos의 통합방안은 품목마스터와 공정을 자원 개체로 일반화(generalization)한 후 품목과 공정에 자원 번호(resource number)를 할당하여 자원 간의 모자관계로 BOM 구조상에서 품목과 공정을 연계하여 BOM과 라우팅을 통합한 것이다. 이는 공정을 BOM상의 품목으로 취급하여 공정 간의 선후관계를 BOM 관계로 표현하고 있다. Tatsiopoulos가 제안한 정보체계는 품목 개체와 공정 개체의 서로 상이한 속성을 단일 정보체로 통합함에 따른 저장공간의 낭비 문제를 해소하지 못하였다. 또한 공정을 BOM상의 품목으로 취급하여 공정 간의 선후관계를 BOM 관계로 표현하고 있다. 이는 BOM상에 포함된 공정의 수에 따라 BOM의 수준이 깊어지므로 BOM 체계가 복잡해짐은 물론, 상위수준의 계획과 자재부문의 업무를 처리하는 시스템에서 회수된 대부분의 품목을 무시해야 하므로 시스템의 성능을 저하시키는 원인이 된다.

이상에서 기술한 BOM과 라우팅의 통합방안은 제품 및 공정 구조가 단순하면서 BOM과 라우팅을 표준정보로 관리할 수 있는 계획 및 조립생산 환경에서의 생산계획 및 통제 시스템을 대상으로 하고 있다. 이러한 이유로 제품 및 공정구조가 복잡하고 변경이 빈번하게 발생하면서 다양한 제품을 생산하는 수주생산 환경의 CIM 시스템과 같은 기업통합 시스템을 지원하는 정보모델로는 부적절하다.

### 3. 조선산업의 CIM 시스템

#### 3.1 조선산업의 특징

Hatchuel(1997) 등은 수주생산 환경에서의 복잡한 산업

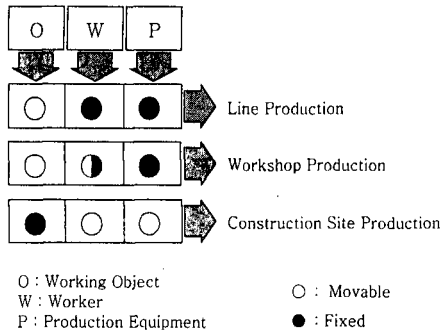


그림 2. 제조유형.

(complex industry)의 특성을 복잡한 제품구조, 복잡한 생산공정, 그리고 매우 소량의 주문량으로 정의하고 있다. 본 논문은 이상의 특성을 가지는 대표적인 산업 중의 하나인 조선산업을 대상으로 한다.

조선산업은 다양한 설계 및 제조능력과 장기간의 건조기간을 요구하는 프로젝트형 산업으로 선각과 의장 등의 다양한 설계부문과 지리적으로 분산 위치하고 있는 배관품, 철의장품 등의 생산부문의 제작공장들, 그리고 많은 하청업체와 공급업체들이 연관된 복잡하고 반복적인 공정을 포함하고 있다.

계획생산 및 조립생산 환경과 구별되는 조선산업의 가장 큰 특성은 고객주문이 접수되는 시점에서 제품 및 공정정보가 완전하게 결정되지 않아 설계업무가 진행되면서 점차적으로 생성 및 확정되며, 설계가 완료되지 않은 상태에서도 자재조달, 생산계획 등의 동시 다발적인 수행으로 설계변경이 빈번하게 발생한다는 점이다(황성룡, 1999).

조선생산의 제조원리를 설명하기 위하여 생산시스템의 구성요소인 작업대상물, 작업자, 그리고 생산설비를 고정과 유동의 형태로 정의하고 세 가지 유형의 제조원리를 표현하면 <그림 2>와 같다.

조립생산(construction site production)의 경우에는 작업대상물은 고정되어 있으나 작업자와 생산설비는 유동적인 데 반하여

라인생산(line production)의 경우에는 작업대상물은 유동적이거나 작업자와 생산설비는 고정되어 있다. 조선산업은 가공생산(workshop production)과 조립생산이 혼합된 생산형태를 보유하고 있다(Brodda, 1991). 가공생산은 선각 가공품과 의장 제작품을 제조하는 공정으로 배치생산(batch production)의 특성을 지니며, 조립생산은 블록을 조립하는 공정과 의장 제작품을 조립하여 의장 설치품을 형성하는 공정, 그리고 의장 설치품을 대상 블록에 설치하는 공정으로 구성된다.

3.2 조선 CIM 시스템

조선산업의 경쟁력 강화를 위해서는 생산자원의 효율 극대화 와 정보의 생성 및 전달 체계의 최적화를 통한 낭비의 제거가 우선되어야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 조선 생산 시스템에 관련된 제반 활동들을 체계적으로 통합하는 조선 CIM 시스템이 구축되어야 한다(통상산업부, 1996). 조선 CIM 시스템은 BOM, 도면정보, 일정정보, 품질정보 등을 포함하는 설계 및 생산정보를 체계적이고 통합적으로 공유하여 이를 지리적으로 분산된 타 시스템에서 쉽게 이용 가능하게 하여 그들의 업무를 효율적으로 지원하는 통합정보 관리 시스템이다(Pedersen, 1997).

<그림 3>은 조선 CIM 시스템 내의 주요 시스템 간의 연관관계와 각 시스템에서 수행하는 주요 기능을 시간의 흐름에 따라 표현한 것이다. 조선 CIM 시스템은 자동화 측면보다는 정보통합을 통한 시스템 통합으로 이해하는 것이 바람직하며, 제품정보관리(PDM: product data management) 시스템을 통한 설계부문과 생산부문 간의 효율적인 연계와 생산계획, 일정계획, 공정계획, 그리고 자재관리 시스템 간의 통합이 중요하다. 이들 구성 시스템 간의 정보통합을 이루기 위해서는 수주부터 선박 인도시까지 각 업무의 흐름에 따라 정보를 발생시키고, 발생된 정보를 통합, 공유하여 타 시스템에서 용이하게 접근하여 활용할 수 있도록 하여야 한다. 특히, 효율적인 CIM 시스

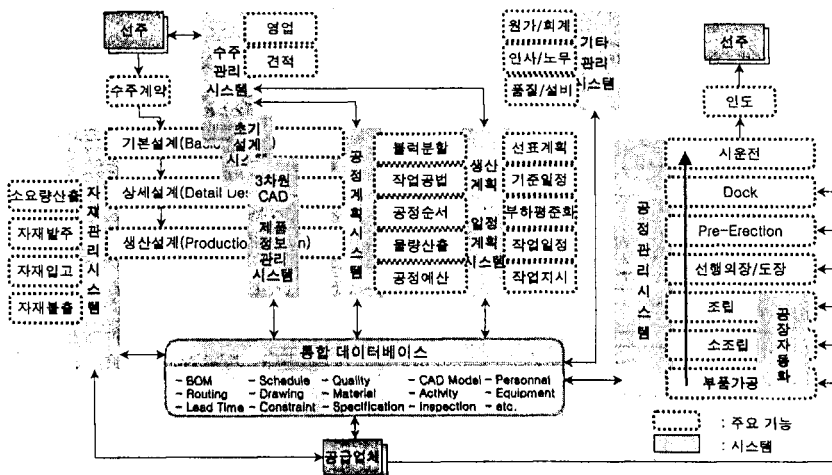


그림 3. 조선 CIM 시스템.

템의 구축 및 운영의 최적화를 위해서는 통합 데이터베이스의 핵심적인 부분을 담당하면서 단위 시스템 간의 정보연계의 수단으로 활용되는 BOM과 라우팅을 기업의 생산환경에 적합하게 구조화하여야 한다.

#### 4. 조선산업의 제품구조와 공정계층

Wade(1997) 등은 제품구조를 중간품목과 이와 연관된 구성품 및 자재를 표현하는 계층적인 구조로 정의하고 있다. 선박 제품은 수십만 가지의 품목으로 구성된 매우 복잡한 제품으로 크게 선체의 외형과 골격을 의미하는 선각품목과 엔진, 거주구 등의 주요기관을 포함해서 기계품, 관제작품, 철의장품, 전장품 등을 통칭해서 일컫는 의장품목으로 구분된다. 선각품목은 블록이 형성되어 가는 과정을 반영하면서 업무흐름을 중심으로 구조화되는 반면에, 의장품목은 선각품목의 형성과정에 의존적이면서 블록, 구역, 대구획 등과 같은 작업장소를 중심으로 구조화된다. <그림 4>는 선박에 대한 제품구조로, 원자재와 중간품목으로부터 선박제품을 생산하는 데 필요한 품목과 품목 간의 관계를 표현한 것이다(통상산업부, 1996).

조선산업의 제품구조는 최상위 수준의 선박과 최하위 수준의 자재, 그리고 선박과 자재 사이의 무수한 중간품목으로 구성된다. 중간품목은 선각 중간재(대구획, 탑재블록, 조립블록, 단위블록, 소조품, 선각부재), 의장 중간재(모듈 유닛, 파이프 유닛 등), 그리고 단위 제작품(관제작품, 철의장품, 전장품 등)으로 구분된다. 제품구조상의 최하위에 위치하는 자재는 특정 주문 선박과 무관하게 사용되는 공용자재(common item)와 특정한 주문 선박에만 사용되는 주문자재(order item)로

구분된다.

공정계층은 임의의 수준에서 생산공정을 분할한 것으로 제품의 복잡성과 관리의 용이성에 의존한다. 조선산업은 복잡한 선박제품을 생산하므로 타 산업에 비하여 공정수준이 많은 편이며, 이들 수준은 대절점, 중공정, 공정, 단위작업, 요소작업의 5수준으로 이루어져 있다. <표 1>은 공정계층상의 각 수준의 의미와 용도를 정리한 것이다.

대절점은 조선생산에서 관리하는 네 개의 주요한 절점을 의미하는 것으로 생산계획 시스템에서 선평일정(dock schedule)의 단위가 되며, 장납기 자재의 일정을 수립하는 기준이 된다.

중공정은 선박이 제조되는 업무흐름을 표현하는 것으로 도면일정, 자재일정, 그리고 공정일정의 기준이 되는 기준생산계획의 단위이다.

조선산업은 가공생산과 조립생산이 혼합되어 있다. 가공생산은 강판을 이용하여 선각부재를 제작하는 가공 중공정, 선각부재를 소조립하여 소조품을 만드는 소조 중공정, 그리고 철의장품, 배관품 등의 의장 제작품을 생산하는 중공정이 이에 해당한다. 조립생산은 소조품을 조립하여 단위블록과 조립블록을 형성한 후 의장 설치품을 설치하고 도장하는 조립 중공정, 탑재되기 전에 선행탑재블록을 형성시키는 선행탑재 중공정, 도크(dock)에서 탑재를 수행하는 건조 중공정과 그 이후의 시운전/인도 중공정을 포함한다. 이러한 중공정별 품목의 생산일정을 기준생산일정이라고 한다.

조립생산은 제품구조상의 품목과 작업 대상품목이 일치하나, 가공생산은 제품구조상의 품목과 작업 대상품목이 상이하다. 예를 들면, 가공 중공정에서 제품구조상의 품목은 선각부재와 소조품이나 현장의 작업은 로트(lot) 단위로 작업된다. 즉, 로트 단위로 공정이 이루어지고 이들 일련의 공정이 완료되면

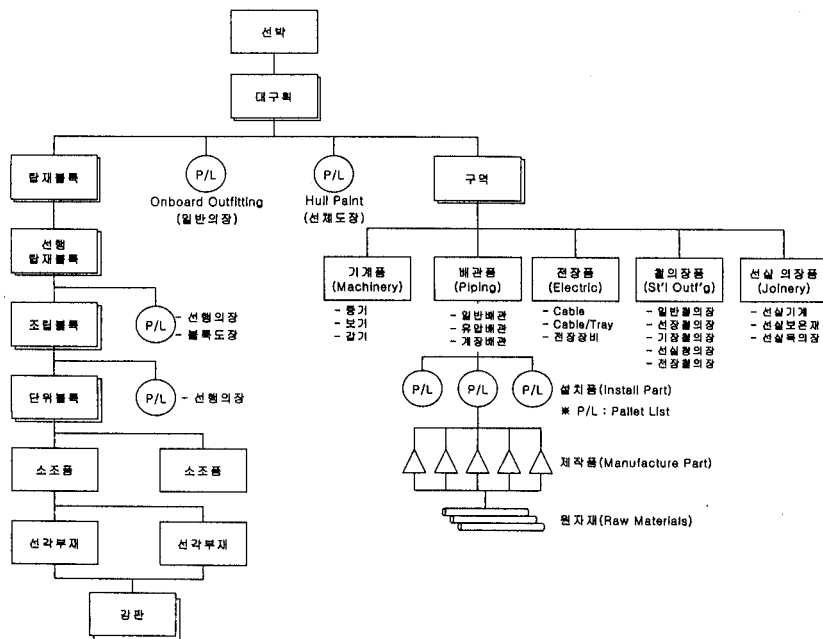


그림 4. 선박의 제품구조.

표 1. 조선산업의 공정계층

공정계층	의 미	용 도
대결점 (Main Event)	- 조선생산에서 관리하는 4개의 주요한 대결점 - W/C(생산착수), K/L(건조착수), L/C(진수), D/L(인도)	- 선표계획(dock schedule)의 단위 - 장납기(long term lead time) 자체계획
중공정 (Process)	- 생산흐름별로 그룹화한 작업단위 - 가공, 소조립, 조립, 선행탐재, 건조, 시운전, 인도	- 기준생산계획(master production scheduling)의 단위 - 중/단납기(mid/short term lead time) 자체계획
공정 (Operation)	- 중간조립품, 단위제작품을 제작/가공 또는 조립/설치하기 위하여 중공정을 공사종류(공종)별로 분할한 작업단위	- 공정계획(process planning)의 단위 - 일정계획(operation scheduling)의 단위 - 단납기(short term lead time) 자체계획
단위작업 (Sub-operation)	- 공정을 각 작업반에서 관리하는 단위로 분할한 작업단위	- 작업지시 및 작업실적 집계계의 단위 - 공정 예산 편성의 단위
요소작업	- 단위물량에 대한 생산표준공수의 관리단위 - 단위공사별 예산을 산출하기 위한 품셈코드의 단위	- 예산 산출의 단위

여러 단위의 제품구조상의 품목이 생성된다. 이러한 제품구조상의 품목과 작업대상 품목 간의 상이함은 BOM과 라우팅을 구조화할 때 중요하게 고려되어야 한다.

공정은 중공정을 공사종류(공종)별로 분할한 작업단위로 제품관리 시스템, 공정계획 시스템, 자재관리 시스템, 그리고 일정계획 시스템 간의 정보 연계의 단위이면서 공정계획과 일정계획을 수립하는 단위이다. 단위작업은 생산현장에서 수행되는 작업지시(work order) 및 생산 실적집계의 단위이다.

조선산업에서 제품구조와 공정계층은 BOM과 라우팅으로 표현되며, 이들은 표준정보(standard data), 주문정보(order data), 실적정보(historical data)의 세 가지 형태로 관리된다. 표준정보는 고객주문과 무관하게 표준으로 관리되는 정보로 수요가 많은 대표 제품군(product family)별로 정의된다. 고객주문이 발생하면, 주문과 유사한 표준정보를 이용하여 특정 고객주문에 대한 BOM과 라우팅을 생성한다. 이러한 과정에서 일부 품목과 공정의 추가/삭제 및 갱신이 발생한다. 주문정보는 특정 고객주문에 의존적인 정보로 수주계약 후 표준정보로부터 생성되며, 선박이 설계 및 생산되어 고객에게 인도되기까지의 정보이다. 실적정보는 생산 완료되어 고객에게 인도된 선박에 대한 정보이다. 이는 유사한 선박이 수주되었을 때, 설계와 생산업무의 효율성 증대에 활용되므로 차후에 쉽게 접근하여 이용할 수 있도록 구축되어 있어야 한다.

선박제품 생산에 필요한 자재를 공급하고, 생산일정을 수립하기 위해서는 제품구조를 관리하는 BOM과 생산공정을 계층적으로 분할한 공정계층은 상호 연관관계를 가져야 한다. <그림 5(a)>와 같이 두 개의 단위블록(#2와 #3)과 하나의 모듈유니트(#4)로 조립블록(#1)을 조립 및 설치하는 조립생산 부문의 제품구조를 예로 제품구조와 공정계층 간의 관계를 살펴보고자 한다.

조립블록(#1)에 대한 계획 네트워크(planning network)가 <그림 5(b)>에 표현되어 있다. 계획 네트워크는 제품구조를 측면

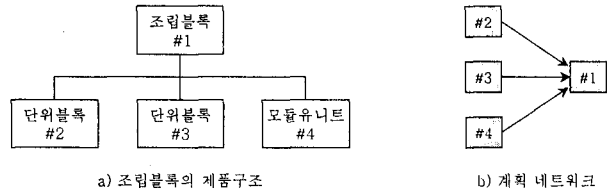


그림 5. 제품구조와 계획 네트워크.

(horizontal)에서 바라본 것으로, 제품구조가 자체적으로 기준생산일정의 수립에 필요한 계획 네트워크를 포함하고 있다는 것을 알 수 있다. 선박제품 전체에 대한 계획 네트워크를 프로젝트 계획 네트워크(project planning network)라 하며, 이는 생산계획 시스템에서 품목별 표준 리드타임과 함께 기준생산일정을 수립하는 데 이용된다.

<그림 6>은 조립생산 부문의 중간품목과 공정계층(공정, 단위작업) 간의 관계를 표현한 것이다. 단위블록(#2)을 생산하기 위해서는 일련의 공정들(①, ②, ③)이 수행되어야 한다. 이러한 순서있는 공정들의 집합이 라우팅이며, 이는 제품구조상

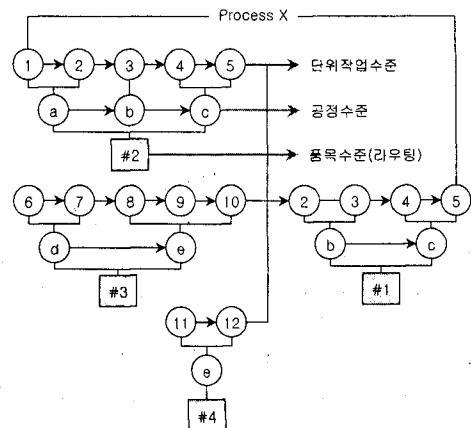


그림 6. 조립생산 부문의 제품구조와 공정계층 간의 관계.

의 중간품목과 일대일(one to one) 대응관계를 가진다. 공정 ④는 생산현장의 작업 수행단위인 단위작업 ①과 ②로 구성된다. 단위작업 ①에서부터 단위작업 ⑤가 수행되면 단위블록 #1이 생산된다. 중공정 X가 완료되면 네 개의 중간품목이 생산되므로 중공정과 중간품목 간의 관계는 일대다(one to many)의 관계이다.

### 5. BOM과 라우팅의 구조화

본 절에서는 CIM 시스템 환경에서 조선산업의 제품 및 공정특성과 지리적으로 분산된 생산환경을 고려하면서 BOM과 라우팅을 체계적으로 구조화한 BMR(bills of material and routings) 정보체계를 제시하고, BMR의 특징과 BMR 유형에 대해서 기술하고자 한다.

#### 5.1 BMR(bills of material and routings)

조선산업은 가공생산과 조립생산이 혼합된 제조유형을 보유하고 있다. 이러한 혼합된 제조유형과 지역적으로 분산된 생산환경을 지원하기 위하여 BMR은 가공생산 부문을 지원하는 가공 BMR과 조립생산 부문을 지원하는 조립 BMR의 상호연계된 2단계 구조(two-stage structure)를 가진다. 가공 BMR은 지역 정보 저장소(data store)로서 각각의 분산된 조직, 즉 선각 가공 공장 및 소조립 공장과 철의장품, 배관품 등의 각 의장품 제작공장에서 사용되는 제품구조의 하위수준에 위치하는 가공/제작과 연관된 품목정보와 공정정보를 관리하며, 이는 조직적으로 분산된 각 공장에서 유지된다. 조립 BMR은 중앙공유(central shared) 정보 저장소로서 제품구조의 상위수준에 해당하는 조립/설치와 연관된 품목 및 공정정보를 관리하면서 전반적인 선박제조의 흐름을 관장한다. 이러한 BMR의 2단계 구조는 품목 및 공정체계의 복잡성, 조직적으로 분산된 생산환경을 고려한 것으로 효과적으로 전사적인 목표를 달성할 수 있도록 지원한다.

<표 2>는 가공생산 부문과 조립생산 부문의 특성을 비교하여 정리한 것이다. 이와 같은 부문별 서로 다른 특성으로 인하여 가공 BMR은 BOM과 라우팅이 품목마스터의 속성으로 연계된 전통적인 BOM과 유사하며, 조립 BMR은 BOM과 라우팅이 BMR상의 관계(relationship)로 통합되어 있다. 가공 BMR이 BMR상의 관계로 통합되지 못한 이유는 품목과 공정 간의 관계가 다대다(many to many) 관계이고, 관리하는 품목의 수가 상당히 많으므로 BMR상의 관계로 통합하면 BMR의 구조가 매우 복잡해지고, BMR 관계의 수가 상당히 증가하게 되어 관리의 효율성이 저하되기 때문이다.

BMR 정보체계가 정보시스템으로 구축되기 위해서는 개념적 데이터 모델(conceptual data model)로 변환되어야 한다. 개념적 데이터 모델은 BMR의 개념과 구조를 정확하게 설명하는

표 2. 가공생산 부문과 조립생산 부문의 특성 비교

비교 항목	가공생산 부문	조립생산 부문
1. 생산특성	배치생산	조립생산
2. 품목과 공정간의 관계	many to many	one to many
3. 품목의 수	매우 많음	상대적으로 적음
4. 공정유형	가공, 제작	조립, 설치
5. 공정 수행시간	단기간	장기간
6. 제품구조 상의 품목 위치	하위수준	상위수준
7. 제품구조 상의 품목과 작업대상 품목간의 관계	불일치	일치

데 활용될 수 있다.

기존 BOM은 품목(중간품목, 자재)의 고유 속성 정보를 관리하는 품목 개체(item master)와 품목 간의 모자관계를 정의하는 제품구조 개체(product structure)로 구성된다. <그림 7>은 Chen(1976)의 개체관계 모델(entity relationship model)을 확장한 Everest(1986)의 확장개체관계 모델을 이용하여 BMR을 모형화한 것이다. 가공 BMR은 품목 간의 모자관계를 기반으로 구성되며, 조립 BMR은 품목의 속성을 관리하는 품목 개체, 공정에 관한 제반정보를 관리하는 공정 개체(operation master), 그리고 품목과 공정 간의 관계를 보유하고 있는 조립 BMR 구조(assembly BMR structure) 개체의 세 가지 개체로 구성되며, 조립 BMR 구조는 품목과 공정 간의 모자관계를 기반으로 계층적으로 구조화된다.

가공 BMR의 품목 간의 모자관계를 형성하는 관계는 ㉠(모품목)과 ㉡(자품목)이며, 조립 BMR의 품목과 공정 간의 모자관계를 형성하는 관계는 ㉢(모품목), ㉣(자품목), ㉤(모공정), ㉥(자공정)이다. 조립 BMR은 품목과 공정 간의 모자관계 포함하고 있으므로 특정 수준(level)에 따라 품목과 공정 모두가 모(parent) 또는 자(child)가 될 수 있다. 이러한 이유로 품목과 공정을 단일화한 명칭이 필요하다. 본 논문에서 품목과 공정을 단일화한 명칭을 자원(resource)으로 정의한다.

조립 BMR은 품목수준과 공정수준이 변할아가면서 형성되므로 직접적인 품목 간의 관계와 공정 간의 관계를 갖고 있지

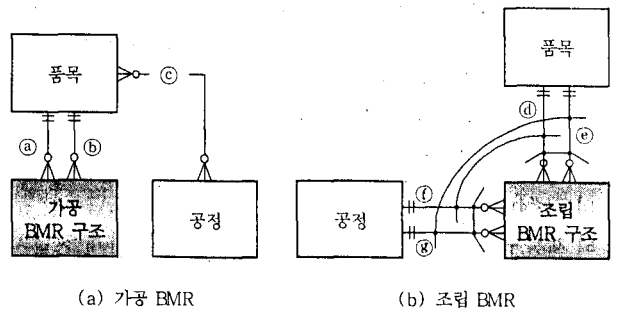


그림 7. BMR의 개체관계 모델.

표 3. 조립 BMR 구조와 가공 BMR 구조의 테이블

조립 BMR 구조				가공 BMR 구조			
순번	Column Name	Key	비고	순번	Column Name	Key	비고
1	프로젝트번호	PK, FK		1	프로젝트번호	PK, FK	
2	모자원번호	PK, FK	중간품목/공정	2	모품목번호	PK, FK	중간품목
3	자자원번호	PK, FK	중간품목/자재/공정	3	자품목번호	PK, FK	중간품목/자재
4	공정순서			4	최초입력일		
5	최초입력일			5	최초등록자		
6	최초등록자			6	최종수정일		
7	최종수정일			7	최종수정자		
8	최종수정자			8	표준여부		
9	표준여부			9	확정여부		
10	확정여부		중간품목/공정/자재	10	접근권한		
11	자원유형			11	갱신사유		
12	접근권한						
13	수정사유						

않으며, 품목과 공정이 동시에 모자원(parent resource)과 자자원(child resource)이 될 수 없다. 이러한 규칙(rule)을 반영하기 위하여 <그림 7(b)>의 조립 BMR의 개체관계 모델에 네 개의 아크 관계가 포함되어 있다. 아크관계는 상호배반(exclusive OR) 관계로 아크관계에 포함된 관계는 반드시 하나만이 선택되어야 하는 관계이다. 조립 BMR이 품목과 공정 간의 관계를 조립 BMR 구조 개체에서 통합하고 있는 데 반해 가공 BMR은 관계 ㉔를 통해 품목과 공정이 연계된다.

가공 BMR 구조 개체와 조립 BMR 구조 개체를 관계형 테이블(relational table)로 표현하면 <표 3>과 같다. 가공 BMR 구조 개체의 기본키(primary key)는 프로젝트 번호, 모품목번호, 그리고 자품목번호의 조합이다. 조립 BMR 구조 개체의 기본키는 프로젝트 번호, 모자원 번호와, 그리고 자자원 번호의 조합이며, 속성정보로 공정순서, 자원유형(중간품목, 공정, 자재) 등

을 관리한다. 자재는 최하위 수준에 위치되므로 가공 BMR 구조와 조립 BMR 구조에서 모품목 또는 모자원이 될 수 없다.

5.2 조립 BMR의 구조 및 특징

조립 BMR은 BOM상의 품목을 제조하는 데 필요한 순서있는 공정들과 각 공정에 소요되는 자재와 하위의 구성품목들을 체계적으로 구조화한 것으로, 단위 시스템별로 독립적으로 관리되고 있는 BOM, 라우팅, 불출일람표, 기준생산일정/실적, 그리고 공정일정/실적 정보를 조립 BMR의 관계와 속성을 이용하여 논리적인 단일 개체로 통합한 것이다.

조립 BMR의 기본구조(building block)와 품목 개체와 공정 개체에서 관리하는 속성이 <그림 8>에 표현되어 있다. 조립 BMR의 구조 및 특징을 살펴보면 다음과 같다.

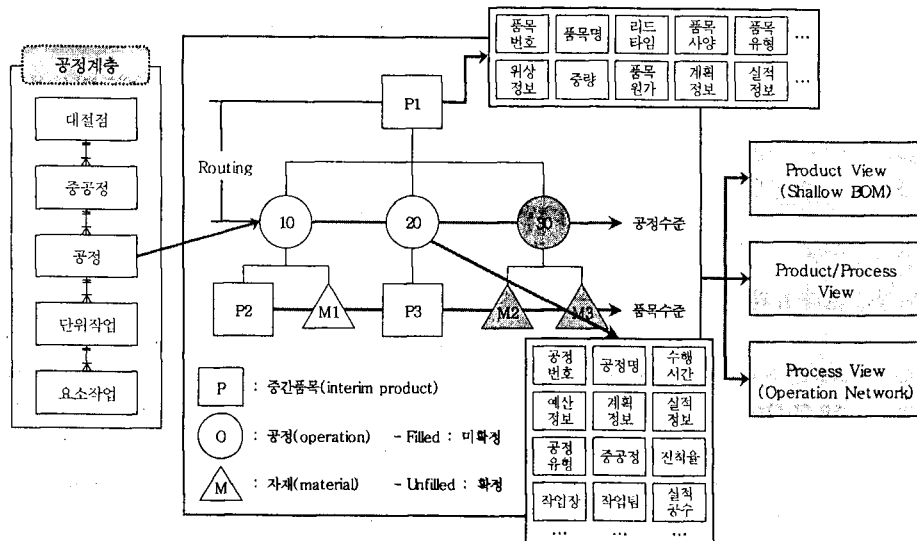


그림 8. 조립 BMR의 기본 구조.

- Product View (Shallow BOM)
- Product/Process View
- Process View (Operation Network)



- (1) 조립 BMR은 중간품목, 공정, 그리고 자재의 3요소로 구성되며, 반복적으로 연계되는 품목수준과 공정수준으로 이루어져 있다.
- (2) 조립 BMR의 모든 중간품목은 하나 이상의 순서있는 공정을 포함하면서 기준생산계획의 단위가 되는 기준생산 일정 품목이다. 조립 BMR의 중간품목 생산에 요구되는 공정들의 집합이 라우팅이다.
- (3) 특정 중간품목에 연관된 임의의 공정은 자재 또는 하위 수준의 구성품목과 연계된다. 만약 공정이 하위수준의 구성품목과 연계된다면, 구성품목은 반복적으로 자신의 BMR을 가진다. 이러한 방식으로 다수준(multi-level) 조립 BMR이 구성된다.
- (4) 조립 BMR은 세 가지 유형의 뷰(view)를 제공한다. 이는 품목과 공정 간의 구조를 표현하는 제품/공정구조 뷰, BOM 형태의 제품구조 뷰, 그리고 공정 네트워크(operation network) 형태의 공정구조 뷰이다. 이러한 세 가지 유형의 뷰는 기존 BOM에서 가장 큰 문제점으로 지적되는 BOM에 대한 기업 내부의 서로 다른 관점을 통합시킬 수 있는 수단이 된다.
- (5) 제품구조 뷰를 측면에서 바라보면 중간품목 간의 선후관계로 이루어진 계획 네트워크가 된다. 이는 중간품목별 표준 리드타임과 함께 기준생산일정을 수립하는 데 이용된다.
- (6) 중간품목과 공정 간의 모자관계와 라우팅 내의 공정 간의 선후관계를 이용하면 공정 네트워크를 생성시킬 수 있다. 이는 생산계획 시스템에서 초기 공정일정을 수립하는 데 이용되며, 시간의 흐름에 따라 설계부문으로부터 확정정보가 생성되면 일정계획 시스템에서 현장상황이 반영된 확정 공정일정을 수립하는 데 이용된다.
- (7) BMR상의 모든 요소(즉, 중간품목, 공정, 자재, 그리고 품목과 공정 간의 관계 정보)는 확정 정보와 미확정 정보로 구분된다. 조선산업에서는 선박의 인도기간을 단축하기 위하여 설계가 완료되지 않은 상태에서 자재구매, 생산계획, 생산활동이 동시에 진행된다. 이를 지원하기 위해서는 확정 정보와 변경의 여지가 있는 미확정 정보와의 구분이 필요하다. 확정정보와 미확정 정보의 구분은 BMR의 각 요소에서 속성으로 관리된다.
- (8) 조립 BMR에서 관리하는 공정과 품목 간의 관계를 이용하면 불출일람표를 쉽게 작성할 수 있으며, 공정일정 및 자재일정 변경을 보다 효과적으로 반영할 수 있다.

<그림 8>은 품목 P1에 대한 단일수준 조립 BMR이다. 품목 P1을 제조하기 위하여 세 종류의 공정(10, 20, 30)이 수행되며, 이들 일련의 공정들이 품목을 제조하기 위한 라우팅이다. 공정 10은 하위 구성품목 P2와 M1 자재를 사용하면서 수행되며, 공정 20는 품목 P3를 이용한다. 조립 BMR의 품목 개체에서 관리하는 속성정보는 품목번호, 품목명, 규격, 형상/위상, 품목사

양, 생산사양, 표준 리드타임, 중량, 기준생산일정, 기준생산실적 등이다. 미확정 자재 M2와 M3를 이용하는 공정 30은 미확정 공정으로 표준정보에서 복사된 상태의 공정이다. 이는 설계가 진행되어 가면서 점진적으로 확정된다.

조립 BMR의 공정 개체는 공정번호, 공정명, 수행시간, 공정예산, 공정계획, 공정실적 등을 속성으로 보유하면서 설계부문의 생산설계 도면, 공정을 수행하는 작업팀, 공정이 수행되는 작업장소, 그리고 공정계층상의 하위수준인 단위작업과 연관관계를 가진다.

공정계층상의 공정을 조립 BMR 구조에 포함시킨 이유는 다음과 같다. 첫째, 공정은 제품군별로 표준으로 관리 가능한 정보단위이다. 둘째, 공정은 설계부문과 생산부문의 연계단위이면서 공정계획, 일정계획, 그리고 자재계획간의 정보연계 단위이므로 설계부문과 생산부문의 효율적인 연계는 물론 생산부문 내의 다양한 정보시스템 간의 통합을 지원한다. 셋째, 공정은 공정계획과 일정계획의 수행단위이면서 작업장과 연계되어 부하 평준화를 수행하는 단위이다. 이에 반하여 공정의 하위 공정수준인 단위작업을 조립 BMR 구조에 포함시키면, BMR 체계가 복잡하게 됨은 물론 단위작업은 변경이 빈번하므로 이를 반영하는 데 많은 노력이 필요하다.

조립 BMR은 제품구조상에서 상위수준에 위치하는 조립품 및 설치품을 관리하며, 가공 BMR은 제품구조상에서 하위수준에 위치하는 가공품 및 제작품을 관리한다. 조립 BMR의 제품구조에서 자재를 제외한 최하위 수준의 중간품목은 가공 BMR의 최상위 수준의 품목과 일대다(one to many) 관계로 연계된다. 이처럼 가공 BMR과 조립 BMR을 연계시키는 품목을 연계품목(interface item)으로 정의하면, 지리적으로 분산된 각 공장에서는 연계품목과 각 공장의 가공품 및 제작품에 대한 가공 BMR만을 관리하면 된다는 장점이 있다.

조립블록 #1에 대한 2단계 BMR의 구조가 <그림 9>에 표현되어 있다. 조립 BMR과 가공 BMR을 연계시키는 연계품목은 선각부문에서는 단위블록이고, 의장부문에서는 의장 설치품이다. 조립 BMR의 최하위 품목은 단위블록과 의장 설치품을 조립하는 데 소요되는 의장재 또는 용접재이거나 자재를 요구하지 않는 공정이다. 가공 BMR의 최하위 구성품목은 선각부재와 의장 제작품 제작에 필요한 의장재이다. 가공 BMR의 최하위 구성품목은 기존 BOM에서와 같이 원칙적으로 원자재이어야 한다. 그러나 한 단위의 강판으로부터 여러 단위의 선각부재가 생성되는 경우는 전형적인 역(Inverse) BOM의 형태를 취하므로 강판을 정상적인 가공 BMR 형태로 나타낼 수 없다. 그러므로 제품정보관리 시스템에서 산출된 강제 물량을 이용하여 가공 BMR 구조의 역방향으로 연계하여 강판을 포함하는 가공 BMR을 형성하여야 한다.

조립 BMR 구조 개체는 중간품목과 공정 그리고 자재 간의 관계를 보유하고 있으므로 <그림 10>과 같이 BOM 형태의 제품구조 뷰, 공정 네트워크 형태의 공정구조 뷰, 그리고 공정별 소요 자재일람표인 불출일람표를 제공할 수 있다. 사용자는

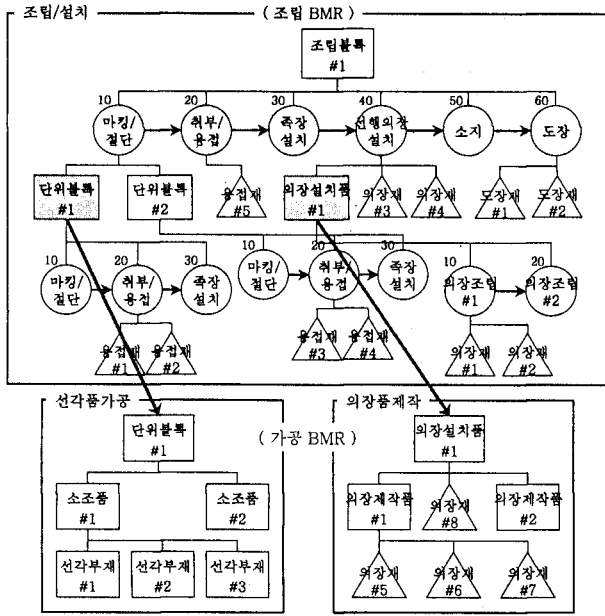


그림 9. 조립블록의 조립 BMR과 가공 BMR

표 4. 제품구조 뷰와 공정구조 뷰

View Name		제품구조 뷰	
순번	Column Name	Key	비고
1	프로젝트번호		
2	모품목번호		
3	자품목번호		

View Name		공정구조 뷰	
순번	Column Name	Key	비고
1	프로젝트번호		
2	선공정번호		From 공정
3	후공정번호		To 공정
4	모품목번호		후공정의 모품목
5	중공정		후공정의 중공정

수행하는 업무의 성격에 따라 조립 BMR 구조, 제품구조 뷰, 공정구조 뷰 중에 하나에 접근하여 그들의 업무를 수행하면 된다.

관계형 DBMS(database management system)에서의 뷰(view)는 물리적인 저장공간을 가지지 않으면서 테이블과 동등하게 취급할 수 있는 논리적인 데이터의 집합이다. 뷰는 보안성, 편의성, 수행속도 향상, SQL 성능 향상 등의 목적으로 사용되며 관계형 DBMS가 제공하는 우수한 기능 중의 하나이다(이화석, 1996). 특히, 조립 BMR 구조 테이블과 같이 단일 테이블로부터 생성된 뷰는 향상된 수행속도를 보장 받으면서 데이터 조작과 검색을 간편하게 할 수 있다는 장점이 있다. <표 4>는 제품구조 뷰와 공정구조 뷰를 물리적으로 표현한 것이다.

### 5.3 BMR의 유형

본 논문에서는 수주생산 환경과 BMR 정보가 생성 및 사용되는 시점을 고려하여 참조 BMR(reference BMR), 표준 BMR(standard BMR), 계획 BMR(planning BMR), 그리고 제조 BMR(manufacturing BMR)의 네 가지 유형으로 구분하였다. 이들 각각은 품목, 공정, 가공 BMR, 그리고 조립 BMR 개체로 구성된다. 표준 BMR은 표준정보이며, 계획 BMR과 제조 BMR은 주문 정보이고, 참조 BMR은 실적정보로 과거에 제조하여 고객에게 인도된 실적 선택에 대한 BMR이다.

표준 BMR은 수요가 많으며 시장성이 있는 선택을 대상으로

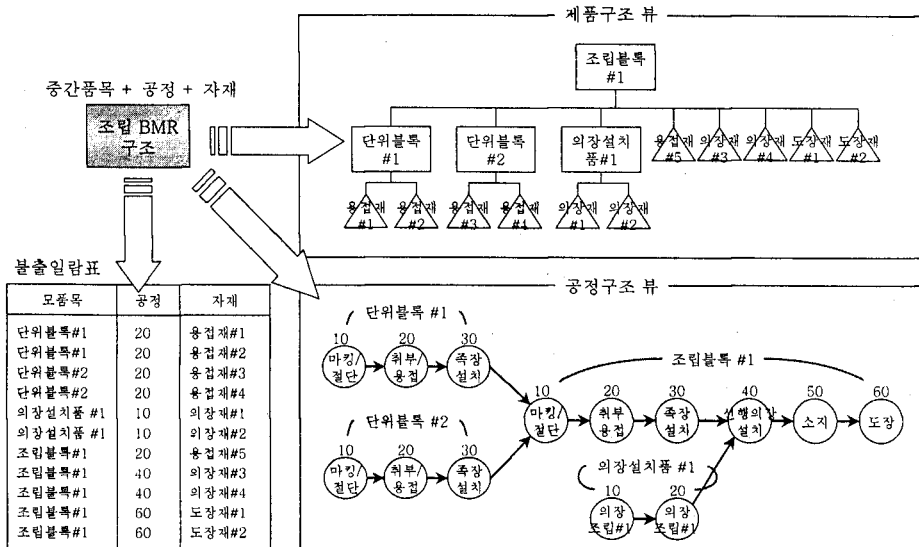


그림 10. 조립 BMR 구조개체의 뷰.

제품군별로 표준선을 선정하여 설계와 생산에 필요한 내용 중 표준화 가능한 정보를 미리 정보화하여 구축한 것이다. 표준 BMR에서 관리하는 품목은 높은 공용성을 가지는 단위블록 이상의 선각품목, 주요 의장 설치품, 그리고 장기간의 리드타임을 가지는 자재들이다. 표준 BMR에서 관리하는 공정정보는 조립품과 설치품 생산에 필요한 표준공정에 관한 것이다. 표준 BMR의 목적은 수작업으로 계획 BMR을 생성하는 업무에 많은 시간이 소요되므로 계획 BMR을 신속하고 용이하게 생성하기 위한 것이다.

계획 BMR은 수주한 선박과 유사한 표준 BMR 또는 참조 BMR로부터 복사하여 생성되는 주문선박에 대한 BMR이다. 계획 BMR에서 관리하는 정보는 일부 정보의 추가와 삭제를 제외하고는 표준 BMR에서 관리하는 정보와 유사하다. 이는 설계가 시작되지 않았거나 완료되지 않은 단계에서 수행되는 기준생산계획, 장납기 자재발주, 초기 공정정보 생성 등에 사용된다. 계획 BMR의 목적은 설계 및 생산정보를 조기에 제공하여 정도 높은 설계 및 생산계획을 수립하는 것이다. 이는 궁극적으로 조선산업의 주요 특징인 설계, 자재조달, 생산계획 등의 동시병행 처리를 지원한다.

제조 BMR은 제품정보관리 시스템의 설계정보, 생산계획 시스템의 기준생산일정, 공정계획 시스템의 공정순서, 공정예산 등의 공정정보, 일정계획 시스템의 공정일정, 그리고 공정관리 시스템의 생산실적이 반영된 BMR이다. 제조 BMR의 정보는 시간이 경과함에 따라 계획 BMR의 표준 및 미확정 정보에서 확정 및 성장된 것으로 일정계획, 중납기/단납기 자재발주, 공정계획, 원가계산 등의 생산부문의 거의 모든 업무를 지원한다.

제조 BMR은 선박이 생산 완료되어 선주에게 인도되면 실적화되어 참조 BMR이 된다. 이는 서비스 기능과 같은 사후활동

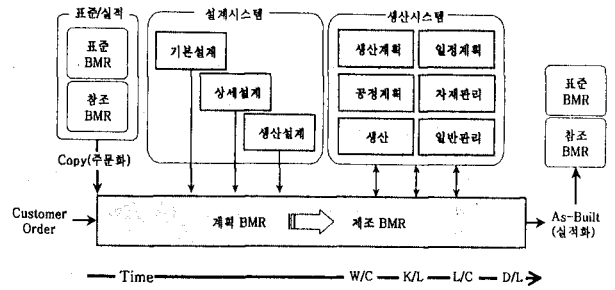


그림 11. BMR의 수명주기(life cycle).

을 지원하는 데 사용되거나 표준 BMR에 반영되어 차후의 유사한 선박을 건조하는 경우에 중요한 참고자료로 활용된다. 참조 BMR, 계획 BMR, 그리고 제조 BMR 간의 구분은 시간에 의존적인 것으로 개념적인 것이며, 이들은 물리적으로 동일한 정보개체에서 관리된다. <그림 11>은 수주 접수 후 표준 BMR 또는 참조 BMR로부터 계획 BMR을 생성한 다음 설계업무의 산출물을 반영하여 제조 BMR이 생성되는 과정을 시간의 흐름에 따라 BMR의 전 수명주기를 표현한 것이다.

### 6. 조선 CIM 시스템에서의 BMR 활용

조선 CIM 시스템에서의 통합 데이터베이스는 설계부문의 기능을 지원하는 설계 데이터베이스 (engineering database)와 생산계획, 자재구매, 일정계획 등의 용도로 생산부문에서 사용하는 생산 데이터베이스(production database)로 구분된다(Pedersen, 197). 이들 사이에는 밀접한 연관이 있으며 설계 데이터베이스의 정보가 시간에 따라 점차적으로 생산 데이터베이스의 정보로 변환된다. 본 논문의 BMR은 설계 데이터베이스에서 유지

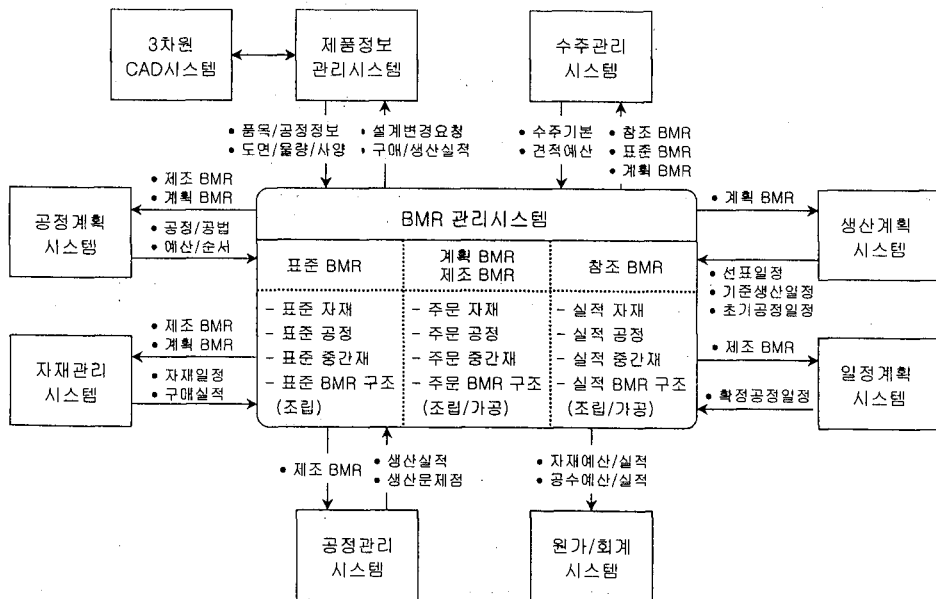


그림 12. BMR과 조선 CIM 시스템 간의 정보흐름.

하는 제품구조정보를 생산부문의 입장으로 변환한 것으로 생산 데이터베이스의 핵심이 되는 정보이다. 설계부문에서 생성되는 설계정보와 설계변경 사항이 BMR을 경유해서 생산부문의 각 시스템으로 전달되고 생산부문의 생산 문제점, 구매실적 등이 BMR을 통해서 설계부문으로 전달되므로 BMR은 생산 데이터베이스와 설계 데이터베이스 간의 정보연계를 지원한다.

<그림 12>는 조선 CIM 시스템의 각 단위시스템 간의 BMR을 통한 주요 정보흐름을 표현한 것이다. BMR 관리시스템은 수주계약 후에 표준 및 실적정보를 이용하여 특정 수주선박에 대한 주문정보로 주문화하는 단계에서부터 선박제품을 생산 완료하여 선주에게 인도한 다음 실적화까지의 BMR의 전 생애주기를 담당한다. BMR 관리시스템의 주요 기능은 주문화를 통한 계획 BMR 생성, BMR 구조관리, 품목관리, 공정관리, BMR 구조 변경이력관리, BMR의 실적화 등이다.

수주관리 시스템에서 관리하는 수주선박 정보와 유사한 표준선 또는 실적선의 표준 BMR 또는 참조 BMR을 복사하여 계획 BMR을 생성한다. 설계가 진행되면서 CAD 시스템과 연계되어 운용되는 제품정보관리 시스템에서는 3차원 모델링시 편집도구(editing tool)를 통하여 입력되는 품목정보와 생산정보를 관리하는 3차원 CAD 모델과 BMR 생성용 응용프로그램을 이용하여 제조 BMR의 구성요소인 BMR 구조정보, 품목정보, 그리고 공정정보를 자동으로 생성한다. 생성된 제조 BMR은 CIM 시스템 내의 대부분의 시스템에서 활용하는 통합자원정보의 역할을 한 후 선박제품이 생산 완료되면 실적화 된다.

<그림 13>은 자재부문과 일정부문에서 조립 BMR의 활용 방안을 설명하기 위하여 기존 BOM과 조립 BMR에 대한 정보흐름을 대비하여 표현한 것이다. 조립 BMR 기반의 정보흐름은 설계업무가 수행되기 이전에 생산계획 시스템에서는 계획 BMR의 계획 네트워크와 품목별 표준 리드타임을 이용하여 기

준생산일정을 수립하고, 시간의 흐름에 따라 제품정보관리 시스템의 3차원 CAD 모델로부터 제조 BMR이 생성되면, 공정계획 시스템에서는 이를 이용하여 각종 공정정보를 생성한 후 제조 BMR에 반영한다. 한편, 일정계획 시스템에서는 공정 네트워크를 이용하여 공정일정과 단위작업일정을 수립한 후, 공정일정은 제조 BMR에 입력하고 단위작업일정은 생산현장으로 작업지시를 한다. 생산 수행 결과로 발생하는 단위작업별 생산실적 정보는 공정 단위와 중간품목 단위로 집계되어 공정실적과 기준생산실적으로 제조 BMR에 반영된다.

자재관리 시스템에서는 조립 BMR의 기준생산일정과 공정일정을 이용하여 자재소요계획을 수립한 후, 자재가 입고되면 자재창고에서는 제조 BMR의 공정일정을 참조하여 생산현장에 자재를 불출한다.

### 7. 결론

본 논문에서는 수주생산 환경에서의 복잡한 산업의 특성을 지니는 대표적인 산업 중의 하나인 조선산업을 대상으로 CIM 시스템의 효율적인 구축과 운용을 위하여 조선산업의 고유 특성을 고려하면서 BOM과 라우팅을 구조화한 BMR이라는 정보모델을 제안하고, 이의 구조 및 특징, 유형별 용도, 조선 CIM 시스템 환경에서의 활용방안 등을 기술하였다. 제안한 정보모델은 복잡한 제품구조와 생산공정, 복잡한 제조유형, 지리적으로 분산된 생산환경, 시간의 흐름에 따른 정보의 성장과정, 시스템 간의 정보 연관관계 등을 종합적으로 고려하면서 제품 생산에 필요한 모든 품목 및 공정정보를 체계적으로 통합 및 연계하고, 생산부문의 업무를 지원하는 정보시스템 간의 원활한 정

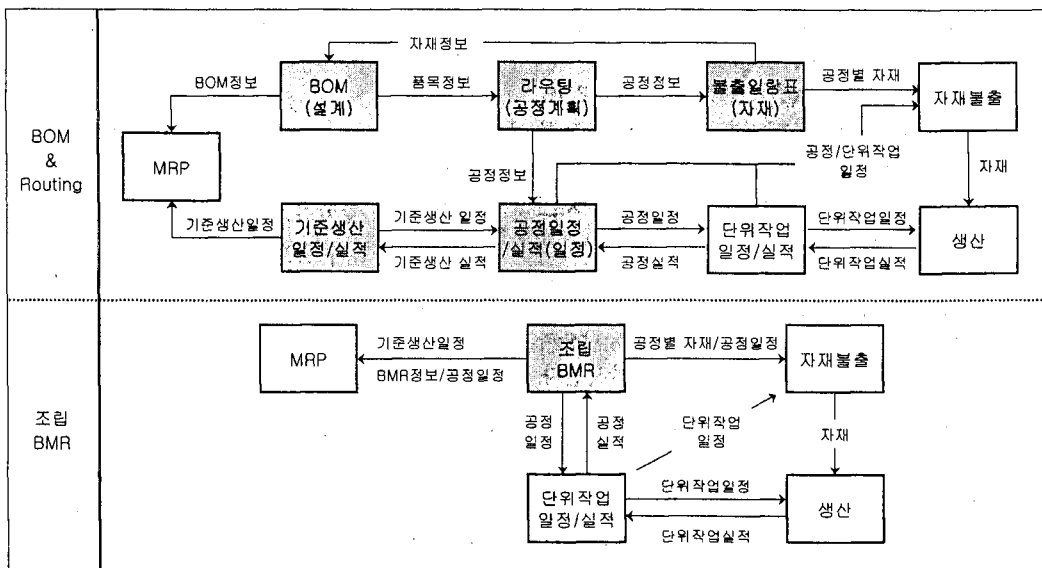


그림 13. 기존 BOM/라우팅과 조립 BMR의 정보흐름 비교.

보교환 환경을 제공한다.

본 논문에서 제시하는 BMR 체계를 통해서 기대되는 주요한 효과들을 정리하면 다음과 같다.

- 품목정보와 공정정보의 통합 : 자재관리 시스템에서의 효과는 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 보다 정교한 MRP 수립이 가능하다. 조립 BMR은 공정 개체의 속성으로 공정일정을 포함하고 있으므로 공정일정을 기반으로 보다 정확한 자재일정을 수립할 수 있다는 장점이 있다. 둘째, MRP와 일정계획의 병렬적 수행이 가능하다. 조립 BMR은 표준 정보가 아닌 현장 상황을 고려하고 있는 공정일정을 포함하고 있기 때문에 조립 BMR의 공정일정을 이용한 자재 소요 계획은 생산현장에서 사용 가능한 자재일정이다. 셋째, JIT(just in time) 자재관리가 가능하다. 조립 BMR은 각 생산공정에 요구되는 자재 목록을 조립 BMR상의 공정과 자재 간의 관계로 정의하고 있고, 생산공정이 수행되는 작업장과 공정일정을 속성으로 관리하고 있으므로 자재는 공정일정에 연계되어 공정이 수행되는 시점에서 적절한 작업 장소에 용이하게 불출될 수 있다. 또한, 공정일정 변동에 따른 자재의 입고시기를 효과적으로 조정할 수 있어 자재 결품 및 재고의 과다 발생을 방지할 수 있다. 제품의 원가 계산을 위해서는 품목정보와 생산정보가 필요하다. 그런데 이들 정보가 BOM, 라우팅, 불출일람표, 공정일정/실적 등으로 분산 관리되고 있어 원가관리에 필요한 정보를 수집하는 데 어려움이 있어 왔다. 조립 BMR은 품목정보와 공정정보를 통합하고 있으므로 복잡한 원가정보의 수집과정 없이 조립 BMR의 품목마스터와 공정마스터의 속성만으로 선박제품에 대한 원가추정 및 분석이 가능하므로 단순하고 효율적이다.
- 생산데이터베이스 스키마(schema)의 단순화 : Pels와 Wortmann(1990)에 따르면 데이터베이스 스키마의 복잡도는 개체, 관계, 속성, 그리고 제약조건의 전체 수에 의존하며, 이 중 개체의 수와 밀접한 연관이 있다. 조립 BMR은 일상적으로 사용되며 입력력 건수가 빈번한 다섯 개의 개체(BOM, 라우팅, 불출일람표, 기준생산일정/실적, 공정일정/실적)를 논리적인 단일 개체로 단순화시킨 것이다. 이는 데이터 중복을 줄이며 테이블 간의 조인(join)에 의해 발생하는 시스템의 성능 저하를 방지한다.
- 제품구조 수준의 간략화 : 기존의 BOM은 품목의 가공 및 조립순서나 물류흐름을 반영하기 위하여 다수의 중간품목을 포함하기 때문에 제품구조 수준의 증가를 유발시킨다. 중간품목은 물류관리와 생산부문에서는 유용하지만 설계, 자재조달, 생산계획 등의 타 시스템에서는 가상품목으로 취급되어 무시되는 품목이다. 조립 BMR을 이용하면 다수의 중간품목을 단일수준의 연속된 공정으로 취급할 수 있어 품목 간의 모자관계만을 가지는 제품구조 뷰를 이용하면 제품구조를 간략하게 정의할 수 있다.

• BOM에 대한 상이한 관점의 통합 : BOM은 기업내부의 다양한 부문에서 각기 다른 용도로 사용되며, 서로 다른 구조와 내용을 요구하기 때문에 각 부문마다 독립적으로 유지되고 있다. 조립 BMR은 생성되는 시점에 따라 참조 BMR, 계획 BMR, 제조 BMR로 구분된다. 계획 BMR은 설계가 시작되지 않았거나 완료되지 않은 단계에서 수행되는 기준생산계획과 장납기 자재발주 등의 계획(planning) BOM의 기능을 수행한다. 제조 BMR의 품목/공정구조 뷰, 품목 구조 뷰, 그리고 공정구조 뷰는 조달(procurement) BOM과 제조(manufacturing) BOM의 기능을 대신한다. 여기서 품목 간의 관계만을 가지는 품목구조 뷰는 조달 BOM에 대응되며, 품목/공정구조 뷰와 공정구조 뷰는 제조 BOM에 대응된다. 참조 BMR은 서비스 BOM과 견적 BOM의 기능을 대신할 수 있다.

• 가상기업(virtual enterprise) 지원 : 선박제품과 같이 크고 복잡한 제품의 제조과정은 더 이상 하나의 기업에 의해서만 수행되지 않으며, 지리적으로 분산된 환경에서 각 기업이 집중하고 있는 특정 공정이 다른 기업의 공정과 관계를 가지면서 제품 생산이 이루어진다. 지역적으로 분산된 생산환경을 고려하면서 상호 연계된 가공 BMR과 조립 BMR로 구성된 BMR은 가상기업 환경에서 유용하게 적용될 수 있다. 가공 BMR은 전통적인 BOM과 유사하게 기존 시스템의 큰 변경없이 네트워크상의 특정 기업내부의 기능을 지원하는데 사용될 수 있으며, 조립 BMR은 네트워크상의 기업 간의 상호연계를 위한 모든 기능성을 포함하면서 기업 간의 중계자로서 커뮤니케이션과 조정역할을 수행하는데 사용될 수 있다.

조립 BMR은 품목을 제조하는 데 필요한 순서있는 공정들과 각 공정에 소요되는 자재와 하위품목들을 하나의 정보개체에 구조화한 것으로 제품이 생산되는 방법을 보다 명확하게 표현하는 생산부문 중심의 정보모델이다. 이러한 조립 BMR이 생산현장에 성공적으로 활용되기 위해서는 다음 사항들이 만족되어야 한다. 첫째, 설계부문에서 조립 BMR이 요구되는 시점에 정확한 BMR을 생성할 수 있어야 한다. 조립 BMR은 품목(중간품목, 자재)과 공정 간의 모자관계를 고려하면서 생성되므로 품목 간의 모자관계만을 가지는 BOM에 비하여 데이터 입력 양이 증가될 수 있으며 보다 상세한 품목 및 공정 정보가 요구된다. 둘째, 표준/실적 정보의 체계적인 관리를 통하여 계획 BMR과 제조 BMR을 빠르고 쉽게 생성할 수 있어야 한다. 셋째, 설계변경과 같은 BMR의 변경 사항을 효율적으로 관리할 수 있는 유연한 BMR 관리시스템이 필요하다.

본 논문에서 제안한 정보체계는 조선산업뿐만 아니라 수주 생산 환경에 속하면서 복잡한 산업의 특성을 가지는 해양 구조물 산업과 항공기 산업 등에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구과제로는 BMR은 제품정보관리 시스템에서 관리하는 설계정보와 연계되어 생산부문 내의 응용시스템을 통합

하는 정보모델이므로 설계부문의 업무를 지원하지 않기 때문에 진정한 의미의 CIM 시스템을 지원하는 정보체계라고 하기에는 무리가 있다. 그러므로, 제품정보관리 시스템 환경에서 설계정보와 설계 프로세스 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 정보체계에 관한 연구가 필요하다. 이는 설계부문의 품목(선각, 의장, 도장)과 단위업무(기본설계, 상세설계, 생산설계, 설계해석) 중심으로 개별적으로 관리되고 있는 응용시스템(CAD/CAE/FEM) 간의 시스템 통합을 지원할 것이다.

참고문헌

Brodda, J. (1991), Shipyard Modeling - An Approach to a Comprehensive Understanding of Functions and Activities, *Journal of Ship Production*, 7(2), 79-93.  
 Chen, P. P. (1976), The Entity-Relationship Model Toward a Unified View of Data, *ACM Transactions on Database Systems*, 6, 9-36.  
 Everest, G. C. (1986), *Database Management: Objectives, System Functions, and Administration*, McGraw-Hill, New York.  
 Goldratt, E. M. (1988), Computerized Shop Flow Scheduling, *International Journal of Production Research*, 26(3), 443-455.

Hastings, N. A. (1992), Bills of Manufacture, *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter, 27-31.  
 Hatchuel, A., Saidi-Kabeche, D. and Sardas, J. C. (1997), Towards a New Planning and Scheduling Approach for Multistage Production Systems, *International Journal of Production Research*, 35(3), 867-886.  
 Hwang, S. R. (1999), *Unification of BOM and Routings for CIM systems in Hybrid MTO/ETO Environments*, Ph.D. Dissertation, University of Ulsan.  
 Lee, W. S. (1996), *Large Scale Database Solutions*, Dae-Chung Information System.  
 Mather, H. (1987), *Bills of Materials*, Dow Jones-Irwin, Homewood IL.  
 Pedersen, E. and Halting, J. F. (1997), Computer Integrated Ship Production, *Journal of Ship Production*, 13(3), 215-223.  
 Pels, H. J. and Wortmann, J. C. (1990), Modular Design of Integrated Databases in Production Managements Systems, *Production Planning and Control*, 1(3), 132-146.  
 Rijn, Th. M. J. (1985), *van, Producceren door informeren*, Uitgeverij Kluwer b.v..  
 Rusk, P. S. (1990), The Role of the Bill of Material in Manufacturing Systems, *Engineering Costs and Production Economics*, 19, 205-211.  
 Tatsiopoulou, I. P. (1996), On the Unification of Bills of Materials and Routings, *Computers In Industry*, 31, 293-304.  
 Van Veen, E. A. (1992), *Modeling Product Structure by Generic Bills of Materials*, Elsevier, Amsterdam.  
 Wade, M., Koenig, P. C. and Karaszewski, Z. J. et al. (1997), Mid-Term Seallift Technology Development Program: Design for Production R&D for Sealift Ship Applications, *Journal of Ship Production*, 13(1), 57-73.



황성룡

울산대학교 산업공학 학사  
 울산대학교 산업공학 석사  
 울산대학교 산업공학 박사  
 현재: 신한기계 부설연구소 연구원  
 관심분야: Enterprise Modeling/Integration, PDM, ERP, CIM, DW, CALS/EC 등



김재균

인하대학교 산업공학 학사  
 한국과학기술원 산업공학 석사  
 한국과학기술원 경영과학 박사  
 현재: 울산대학교 산업정보경영공학부 교수  
 관심분야: CIM, PDM, DB응용, WEB Application, 통신망설계 등