

고객지향 수주생산 기업에서 제품정보 통합체계를 위한 제품사양관리시스템 구축

정순일¹ · 김재균¹ · 장길상^{2*}

¹울산대학교 산업정보경영공학부 / ²울산대학교 경영학부

Development of Product Specification Management System for Product Data Integration Framework in Customer-Oriented Manufacturing Enterprise

Soon-Il Jung¹ · Jae-Gyun Kim¹ · Gil-Sang Jang²

¹School of Industrial Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 680-749

²College of Business Administration, University of Ulsan, Ulsan, 680-749

In recent, a general trend is observed towards more customized products and shorter product life cycles in manufacturing companies. In these companies, customers often wish to influence the product they order and to get a variant of product that meets their requirements. This environment is called as a customer-oriented manufacturing companies. This paper presents a procedure of product specification management for customer-oriented manufacturing companies by using product specification framework. This framework is founded on the product specification based product structure which is made of model, specification, function, and part. Also, a product specification management system(PSMS) is implemented by using the proposed product specification framework and is a core system in product data integration system. To illustrate an utilization of the proposed framework and procedure, a case of a ship engine product is applied. As a result, PSMS reduces delivery time and improves customer relationships. Moreover, the case shows that PSMS can be used as a tool for improving inter-department coordination within a company during product life cycle.

Keyword: product specification management, customer-oriented manufacturing, product structure, BOM(bill of materials)

1. 서론

최근 기업들은 고객들의 다양한 요구사항을 만족시키기 위하여 다양한 제품 변이(product variant)들을 적기에 생산할 수 있는 제조환경을 추구하고 있으며, 보다 더 고객의 요구에 부합하는 제품을 생산 하려고 많은 비용과 자원을 투자하고 있다.

이러한 경향은 고객이 요구하는 납기 내에 고객의 요구에 부합하는 고품질의 제품을 제공하는 기업만이 생존할 수 있는 경쟁 환경을 요구하고 있다. 이러한 상황에서 발생하는 문제들을 해결하기 위한 기업의 차별화 전략으로는 민첩 생산(agile manufacturing), 초점공장(focused factories), 린 생산방식(lean manufacturing), 고객관계관리(customer relationship management), 대

*연락처 : 장길상 교수, 680-749 울산광역시 남구 무거 2동 산 29번지 울산대학교 경영학부, Fax : 052-247-7619,

E-mail : gsjang@ulsan.ac.kr

2007년 07월 접수, 1회 수정 후 2007년 10월 게재확정.

량 맞춤 생산(mass customization) 등이 있다(Sahin, 2000). 이들 전략의 공통점은 비용 효율성을 높이고 동시에 변화하는 고객의 요구에 대응하는 능력을 높인다는 데에 있다. 기업 경쟁 차별화 전략 중에서 대량 맞춤 생산의 근본적 원칙은 고객 통합(customer integration)에 있으며, 고객 통합은 주로 제품구성(product configuration) 단계와 제품설계(product design) 단계에서 이루어진다(Frank *et al.*, 2004).

제품구성과 제품설계 단계에서 고객을 통합한다는 것은 고객이 제품을 구성하는 부품들을 물리적 또는 규제적인 제약들 안에서 자유롭게 직접 분류하여 선택할 수 있어야 한다는 것을 의미한다. 이러한 경향은 기업들이 제품에 대한 품질 개선, 비용 감소 등을 위한 각종 경쟁전략을 고객지향 경쟁전략으로의 전환을 가속화 시키고 있다. 고객지향 경쟁전략이란 기업이 제시하는 제품사양범위 내에서 고객이 선택하여 제품을 생산하는 것이 아니라, 고객이 제시하는 제품사양으로 제품을 생산해야 한다는 것을 의미하며, 이러한 생산 환경을 고객지향 수주생산 환경(customer-oriented manufacturing) 이라고 한다(Olsen *et al.*, 1998).

고객지향 수주생산 환경에서는 제품 수주시 고객사양이 완벽하게 결정되지 않는다. 고객사양이 확정되었다 하더라도 충분한 기술적인 검토가 이루어진 후 제품 설계가 이루어진다. 대부분의 경우가 제품 생산을 위해 최신 도면을 그대로 사용하지만, 고객 요구나 법적 규제, 신기술 개발, 생산 환경 등의 원인으로 인해 새로운 부품 설계가 이루어진다. 또한 사양 변화가 심하기 때문에 제품에 대한 제품구조가 확정되기 이전에는 제품을 생산할 수 없다. 따라서 사양정보를 얼마나 합리적이고 효율적으로 관리하느냐에 따라 기업의 경쟁력이 결정되고 있다. 이에 고객지향 수주생산 환경에서는 제품사양관리(product specification management)의 최적화에 심혈을 기울이고 있다.

Fohn *et al.*(1995)은 제품정보의 30~85%가 틀렸을 경우 설계 오류 또는 부가적인 문제를 발생시킨다고 증명하였다. 따라서 제품사양의 복잡도와 정확성을 어떻게 통제 하느냐가 오늘날 기업이 직면한 중요한 과제중의 하나이다. 제품사양이란 제품의 종류와 제품을 만드는 방법을 표현하기 위해 사용되는 제품에 대한 특성 데이터이다(Ping *et al.*, 2001). 제품사양에 대한 절차적, 업무지향적인 정의는 제품설계에 대한 알고리즘을 개발하기 위하여 인공지능분야에서 이루어지고 확장되었다(Brown, 1998; Darr *et al.*, 1998; Siddique and Rosen, 2001). Mittal and Frayman(1989)은 확정되어 미리 정의된 부품(fixed, pre-defined component)들의 집합과 제약, 희망하는 사양에 대한 설명, 그리고 최적의 선택을 하기 위한 기준이 주어졌을 때, 모든 요구사항을 만족하는 하나 이상의 사양들을 만드는 것을 제품사양관리로 정의하였다. 제품사양관리의 기본적인 사상은 고객의 요구사항을 정확하고 완전한 상업적, 기술적, 생산적, 비용효과적인 제품 정보로 변환하는데 필요한 지식을 확인하여 공식적으로 표현하는 것이다(Jørgensen and Raunsbæk, 1998). 다시 말해

서, 제품사양관리는 고객사양(customer specification)을 제품사양(product specification)으로 변환하는 지식, 절차, 방법 등을 수집 및 체계화하고 공식화 하는 것이다.

본 연구에서는 고객지향 수주생산 환경을 가진 선박 엔진 제조기업을 연구 대상으로 합리적인 제품사양관리를 위한 제품사양체계(product specification framework)를 제시하고, 제시된 제품사양체계를 기반으로 한 연구 대상 기업의 제품사양관리 시스템의 구현 사례를 기술한다. 본 연구에서 제시하는 제품사양체계는 모델, 사양, 기능, 부품 간의 관계를 체계적, 종합적으로 관리하기 위해 제품사양 기반의 제품구조를 이용한다. 제품사양 기반의 제품구조는 모델, 사양 정의, 기능별 사양, 부품구성 간의 관계를 관리하는 마스터(Master) 개념의 제품구조이다. 이것은 기업의 모든 부문에서 사용하는 제품정보를 종합적으로 관리하기 위한 제품사양체계의 근간이 되며, 각 부문에 일원화된 정보를 제공할 수 있는 제품정보 통합체계의 핵심이다. 본 연구에서 제시한 제품사양체계는 고객의 요구에 즉시 대응할 수 있는 기반을 제공하고, 제품수명주기 동안의 모든 제품정보를 통합적으로 관리하고 일관된 제품정보를 활용하도록 한다. 또한, 제품정보의 부문간 공유체계를 운영하여 중복 업무와 부가 업무가 축소되어 관리 생산성이 향상된다. 그리고 제품사양체계와 제품사양관리 절차는 고객사양에 따라 발생하는 제품변이에 대해 가장 적합한 제품구조를 제시함으로써 고객사양을 신속히 제품사양으로 변환하여 주기 때문에, 고객사양에 의해 제품변이가 결정되거나 제품변이를 예측할 수 없는 고객지향 수주생산 환경을 가진 선박엔진, 조선, 해양 구조물, 항공기 산업에서도 효율적으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 고객지향 수주생산 환경에서의 제품사양관리

2.1 고객지향 수주생산 환경의 개념

오늘날의 경쟁적인 환경에서의 주요 경향은 개별 고객의 요구사항들을 만족시키면서 경쟁우위를 획득하기를 원한다. 그 결과 제품변이들의 수가 증가하는 결과를 가져왔고 제품변이들에 대한 수요를 예측하기가 더욱 어려워졌다. 이러한 수요 불확실성은 제품 또는 제품변이에 대한 생산계획을 수립하기 어렵도록 하고 있다. 또한, 제품변이에 대한 사양의 결정 권한이 고객에게 넘어감으로써 제품을 생산하는 기업들은 고객이 제시하는 사양에 종속될 수밖에 없는 고객지향 수주생산 환경으로 변하고 있다. 그리고 소량이지만 다양화된 제품 생산경향은 고객이 제품에 대해 많은 선택을 하도록 하는 기업 경쟁 차별화 전략을 기업들에게 적용하도록 요구하고 있다. 이러한 고객지향적 사상은 기업 경쟁 차별화 전략 중 대량 맞춤 생산(mass customization)의 개념에서 유래된다(Ping *et al.*, 2001). 대량 맞춤 생산의 개념은 개별적으로 고객화된 제품(personalized product)을 합리적인 가격에 제공하는 것이다. 그러나 대량 맞춤

생산은 유일한 제품(unique product)을 대량생산(mass production)한 것처럼 낮은 가격(low cost)에 제공해야 한다는 패러독스(paradox)를 안고 있다(Duray, 2002; Duray et al., 2000).

이러한 고객지향 수주생산 환경은 고객주문 분기점(CODP: customer order decoupling point)의 위치에 의한 생산 유형 분류와 대량 맞춤 생산의 고객 참여 위치 및 모듈화 타입에 따른 분류의 두 가지 관점을 기반으로 하여 정의한다. 첫 번째 관점인 고객주문 분기점의 위치에 의한 분류는 고객이 제품사양을 정의하는 범위와 물류흐름상에서 예측기반 생산과 고객주문기반 생산이 분리되는 지점에 따라 제조업체의 생산유형을 분류한다(Bertrand, 1990). 이 개념에 의해서 생산 유형은 계획생산(make-to-stock), 조립생산(assemble-to-order), 수주생산(make-to-order), 설계생산(engineer-to-order)으로 분류된다. 두 번째 관점인 대량 맞춤 생산의 고객 참여 위치 및 모듈화 타입에 따른 분류는 고객의 참여가 어느 수준에서 있는지를 판단하는 맞춤형 문제(customization issue)와 대량 생산 비용의 수준으로 맞춤형 생산을 달성하기 위한 수단인 모듈화 문제(modularity issue)를 사용하여 Fabricator, Involver, Modularizer, 그리고 Assembler의 네 가지의 그룹으로 구분된다(Duray et al., 2000). 여기서, Fabricator는 제조업체의 생산유형 분류 중 설계생산과 수주생산의 혼합 환경에 해당하며, Assembler는 계획생산 환경에 해당 한다. 그리고 Modularizer는 수주생산 환경, Involver는 조립생산 환경에 가깝다고 할 수 있다.

위에서 설명한 생산유형 분류와 대량 맞춤 생산의 유형 분류를 기반으로 분류해 볼 때, 고객지향 수주생산 환경은 수주생산 환경의 특징을 가지면서 설계생산 환경의 특징을 다소 보유하고 있고, 대량 맞춤 생산의 Fabricator의 특징을 가진 생산 환경이다. 따라서 본 연구에서는 고객지향 수주생산 환경을 매우 복잡한 제품구조, 극소량의 주문량, 매우 복잡한 생산공정을 가지면서, 제품수명주기 전반에 걸쳐 고객의 요구를 반영해야 하는 생산 환경으로 정의하고자 한다. 본 논문에서 제시한 고객지향 수주생산 환경의 주요 특징을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 고객주문에 따른 제품사양을 기반으로 한 제품생산체제를 관리한다. 고객지향 수주생산 환경에서는 주문에 대한 사양 결정권한을 고객이 가지며, 고객 요구 사양으로 제품을 생산한다. 그러나 고객 주문 시점에 제품에 대한 사양이 완전히 결정되지 않는다. 또한, 동일한 고객이라 하더라도 주문마

다 사양의 차이가 발생하며, 선택사양을 사전에 정의할 수 없으며, 선택사양이 자주 변한다. 둘째, 빈번한 변경발생으로 인한 맞춤형 제품사양관리 방식을 운영한다. 고객지향 수주생산 환경에서는 고객, 기술제휴업체, 생산 등으로부터의 빈번한 설계변경이 발생한다. 심지어, 제품 조립완료 이후에도 설계 변경 발생하며, 고객의 요구에 따라 표준 수량 이외의 부가수량을 제공해야 한다. 셋째, 수주생산과 설계생산의 성격을 복합적으로 보유한 생산형태로 운영된다. 고객 지향 수주생산 환경에서는 관리해야 할 선택사양의 수가 많으며, 선택사양의 조합에 의해 새로운 사양이 파생된다. 이로 인해, 사양 또는 생산하고자 하는 부품에 대해 확정 정보와 미확정정보에 대한 구분관리가 필요하다. 동일 제품이 수주되었다 하더라도 고객 요구, 기술제휴업체의 설계변경, 새로운 공법 개발에 의해 빈번한 설계변경이 발생하며, 고객이 선택한 사양에 따라 신규로 설계되는 부품이 존재한다.

연구 대상 산업인 선박 엔진 제조 산업은 고객지향 수주생산 환경의 주요 특징을 모두 보유한 산업이다. 제품 수주시 사양 선택은 고객이 절대적인 권한을 가지고 있으며, 명확히 결정되지 않는다. 또한, 고객의 요구에 따른 제품변이가 다양하게 발생하며, 복잡한 제품구조와 생산공정을 보유하고 있다. 고객이 선택하는 사양 정보가 불확실 또는 미확정인 상태이기 때문에 설계 담당자가 정확한 설계 BOM을 생성하지 못한다. 또한, 사양의 빈번한 변경으로 인해 제품수명주기 동안의 모든 단계에서 설계변경이 무수히 발생하며, 고객이 요구하는 변경 사항을 어느 시점에서든지 즉시 반영하여야 한다.

2.2 선박엔진 제조산업에서의 제품사양관리

선박엔진 제조산업에서의 사양은 <그림 1>과 같이 제품수명주기 동안 고객사양(customer specification), 설계사양(design specification), 제품사양(product specification), 서비스사양(service specification)의 네 가지가 존재한다.

고객사양은 기본적으로 제조 기업에서 제공하는 사양을 기반으로 고객의 요구가 추가된 제품공급범위(extent of delivery)를 말한다. 설계사양은 고객이 요구하는 사양에 대한 설계가능 검토 증명서이다. 설계사양은 부품리스트(part list), 도면, 조립도면, 3차원 CAD 모델, 공구(tool) 명세서, 자재명세서, 중량, 설치 및 조립 지시서, 열처리 설명서, 운반 및 저장 명세서, 생

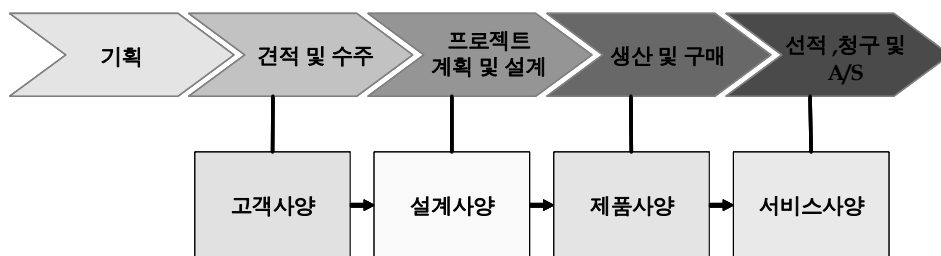


그림 1. 선박 엔진의 제품수명주기에서 생성되는 사양정보

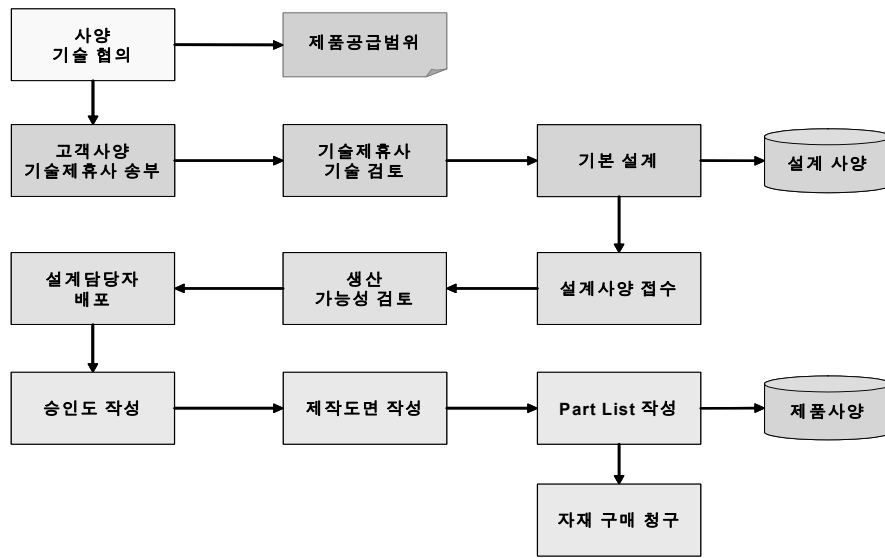


그림 2. 선박엔진 제조기업의 제품사양관리 과정

산 권고사항, 품질 표준 및 취급설명서 등으로 구성된다. 제품 사양은 설계사양을 참조하여 실제 생산하려는 부품들에 대해 생산환경에 적합하도록 선택하거나 수정한 사양이다. 그 결과로 설계 BOM이 만들어지게 된다. 예를 들어, 피스톤의 가공방법은 주조와 용접 또는 단조가 있는데, 생산부하 또는 자재수급상황 등을 고려하여 적절한 방법을 선택한다. 서비스 사양은 엔진 수명주기 동안에 이루어진 엔진 운영, 유지보수와 변경에 대한 기록이다.

위와 같이, 선박엔진 제품수명주기에서 네 가지의 사양정보가 생성되지만, 현재는 설계사양과 제품사양만을 관리 대상으로 하고 있으며, 사양관리 과정은 <그림 2>와 같이 진행된다.

이러한 제품사양관리상에 나타나는 문제점들을 크게 사양정보관리 및 사양변경관리 관점에서 기술하면 다음과 같다. 첫째, 사양정보관리 관점에서 볼 때, 고객과의 사양에 대한 기술협의를 영업 담당자가 가지고 가는 제품공급범위는 고객용 공급범위이므로 기술협의를 제품공급범위에 표현되지 않은 사항은 메모 또는 비고란에 기술된다. 제품공급범위에서의 사양정보는 개괄적인 내용만을 가지고 있기 때문에 고객사양을 설계사양으로 변환시키려면 상당한 기술적 검토가 필요하다. 고객이 요구한 사양정보에 대해 설계담당자의 경험이나 지식, 관련 자료, 과거 기술제휴사의 설계사양을 충분히 검토해야 정확한 설계사양이 도출될 수 있다. 둘째, 사양변경관리 관점에서 볼 때, 고객이 요구하는 사양의 변화와 기술제휴사에서 통보하는 설계변경에 따른 도면과 BOM의 변화를 설계 담당자가 즉시 파악할 수 없기 때문에 많은 자원과 비용을 소요하고 있다는 점이다. 미리 정의된 부품들의 조합으로만 사양이 결정된다면, 사양 변화로 인한 도면과 BOM의 변화를 찾아내는 것은 어렵지 않다. 하지만, 사양의 변화가 신규 도면을 발생시키기 때문에 설계담당자가 신속히 파악하여 도면과 BOM에 반영한다는 것은 거의 불가능하다. 그리고 과거에 발생한 사양

의 변화에 대한 관련 기술정보를 체계적으로 관리하지 않기 때문에, 신속히 대처할 수 있는 상황에서도 많은 자원과 비용을 소모한다. 또한, 제품사양 생성 결과는 설계 BOM으로 나타나기 때문에 잘못된 사양관리로 인한 오작 발생 확률이 높아지며, 이로 인한 비용과 자원의 증가는 기업의 수익 감소로 이어진다.

2.3 선박 엔진의 제품구조

고객지향 수주생산 환경을 가진 선박엔진 제조산업은 다양한 설계 및 제조 능력과 장기간의 제작기간을 요구하는 프로젝트형 사업으로, 정보와 업무의 표준화가 어려운 노동집약적 산업이다. 이러한 생산환경을 갖는 선박엔진 제조 산업은 구조, 구동, 연소, 의장, 전장, 배관 등의 다양한 설계부문과 생산, 자재 등의 생산부문, 많은 협력업체와 공급업체들이 연관된 매우 복잡하고 반복적인 공정을 보유하고 있다.

선박엔진의 제품구조는 제품을 구조와 기능 측면에서 분할한 것을 블록(block)이라 하고, 이러한 블록에는 구조(structural part), 구동(moving part), 연소(combustion part), 의장(outfitting part)의 네 부분으로 구분되며, <그림 3>과 같다.

구조, 구동, 연소는 블록이 형성되어 가는 과정을 반영하여 업무흐름을 중심으로 구조화되고, 의장은 구조, 구동, 연소 품목의 형성과정에 의존적이며, 블록, 조립품 등과 같은 작업영역을 중심으로 구조화되어 BOM으로 표현된다. 선박엔진 품목 계층에 따른 제품구조는 최상위에 엔진과 최하위의 자재, 그리고 엔진과 자재사이의 많은 중간제품으로 구성된다. 제품구조상의 최하위에 위치하는 자재는 특정 엔진과 무관하게 공용으로 사용 가능한 자재인 일반자재(common item)와 특정 프로젝트에만 적용 가능한 자재를 의미하는 전용자재(special item)로 구분된다.

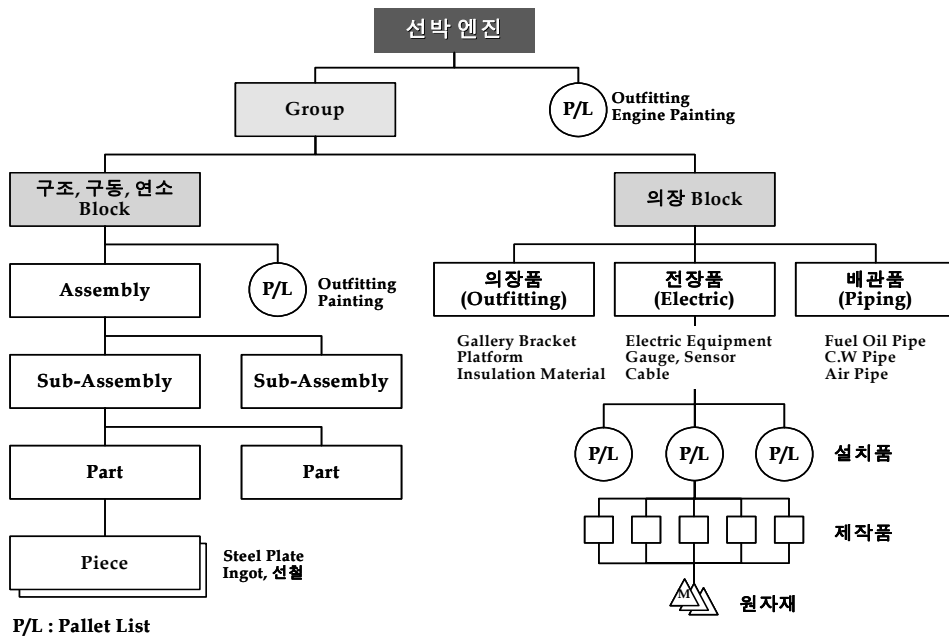


그림 3. 선박엔진 제품구조

이러한 선박엔진의 제품구조에 대한 부품리스트 작성 단위는 Group내 블록 또는 조립품 단위로 수행되며, 설계 담당자의 취향에 따라 세분화 또는 통합화하여 작성하고 있다. 제품사양의 미확정으로 인하여 설계담당자는 과거 경험 및 지식을 기반으로 부품리스트를 임시 확정하여 소요 자재에 대해 구매 요청하고 있는 실정이다. 또한, 사양이 확정될 때까지 설계 담당자는 도면 작업, 부품 리스트 구성, 자재 구매 요청 작업을 반복적으로 수행하게 된다. 그리고 동일 타입의 엔진이라도 엔진 출력, 조선소, 선택항목, 선급 등의 차이가 발생하기 때문에 표준 부품 리스트로부터 설계 BOM 구성시 수작업이 많다. 이로 인해 타 부문에서 해당 프로젝트의 설계 BOM 정보를 얻고자 할 때는 설계담당자의 확인을 통해서만 정확한 정보를 얻을 수 있다. 설계 BOM을 사용해야 하는 영업, 생산계획, 생산, 자재, 품질 등의 부문에서는 설계 BOM이 불확실하기 때문에 부문별 업무 시스템을 별도로 보유하고 관리하나, 유기적인 연관관계가 형성되어 있지 않아 프로젝트정보, 생산정보, 품질정보, 단가정보 등이 이중 관리 되고 있다. 따라서 수주계획에 따른 원자재, 소요물량, 수량, 재질 정보 등의 자동 산출이 어렵다.

위와 같은 문제들은 고객지향 수주생산 환경에서만 나타나는 대표적인 현상들이며, 이들 문제에 대한 근본 원인은 생산 환경에 적합한 제품사양관리와 제품정보관리가 이루어지지 않기 때문이다. 또한, 기능단위를 세분화된 조립품 또는 중간 조립품을 사용하기 때문에 기능이 블록 단위에 중복 또는 혼재하는 구조로 제품구조가 구성되어 있다. 데이터 정합성 문제에 있어서도 제품정보관리 측면이 아닌 설계업무의 결과로만 설계 BOM을 사용하고, 후행부서에서는 설계 BOM을 활용하는 것이 아니라 업무 목적별로 재가공하여 사용하기 때문에

정보의 정합성 불일치 문제도 발생하게 된다. 이로 인해, 설계 부문은 물론 기업내 전 부문은 제품구조의 구조적인 한계와 정확한 제품정보의 부재로 인해 세밀한 관리를 요구하는 의사결정이나 원가관리 같은 경영활동에 지대한 영향을 미치고 있다.

2.4 관련 연구

제품사양관리에 대한 대부분의 연구들은 제품구성업무를 지원하기 위한 소프트웨어 개발에 대한 주제(Barker, 1989; Yeh, 1997)와 제품군 설계에 대한 정보시스템 개발과 최적화 문제를 해결하기 위한 주제들에 집중되어 있다. 예를 들어, 모듈화를 통한 Generic BOM 개념, 제품군 생성, Constraint Satisfactory Problem(CSP) 알고리즘이 제품사양관리 문제를 해결하기 위한 방법으로 제시되었다(Hyer, 1999; Jiao, 2000; Kusiak, 1996; Ryu, 1999).

고객의 요구에 의해 발생하는 다양한 제품변이(product variant)에 대한 관리를 위해서 Van Veen(1992)은 최종 item의 수가 많을 때 효율적으로 BOM(bill of materials)을 관리하기 위한 방법으로 Generic BOM 개념을 이용한 Generative BOM Processing System을 제시하였다. Generative BOM Processing System은 각각의 최종 제품에 대해 BOM을 구성하지 않고 그룹으로 묶을 수 있는 부품들을 그룹화 시켜 그들간의 관계를 Source BOM으로 표시하고, Option별 부품관계를 규칙적으로 저장한 다음 사양이 주어지면 Result BOM을 자동으로 생성해주는 시스템이다. Generic BOM 시스템이 대부분 관계형 데이터베이스를 기초로 설계되었는데, Olsen *et al.*(1998)은 관계형 데이터베이스의 테이블의 구조는 Generic BOM의 동적인 특성과 유연성을 나타내기 어렵다는 단점을 해결하기 위해 프로그래밍 언어구조에 기초한 절차지향 BOM 시스템을 개발했다. 그러나 이들 연구들은

제품의 다양성으로 인한 방대한 양의 데이터를 해결하려는 노력이지만, 고객지향 수주생산 환경처럼 모품목과 자품목간의 관계가 복잡한 경우에는 적절한 변환규칙을 도출하는데 어려움이 있다. 또한, 발생 가능한 제품변이를 미리 제한하여 BOM을 생성하기 때문에 고객이 요구하는 사양의 조합으로 발생하는 제품변이를 사전에 예측할 수 없는 경우에는 고객사양에 적합한 BOM을 생성하지 못한다. 따라서 최종 제품에 대한 구조정보를 표현할 수 있고 유사한 데이터의 중복은 감소시킬 수 있으나 복잡한 정보구조에 의존하므로, 고객지향 수주생산 환경에 적용하는 것은 문제가 있다(Van Veen, 1992).

또한, 정보기술의 발달로 인해 제품 관련 정보를 효율적으로 관리하기 위한 방안들이 학계 및 산업계에서 다양하게 연구되고 있다. Halpern(2002)은 PDM 시스템이 제품수명 주기에 걸쳐 발생하는 다양한 정보와 업무 프로세스를 시스템화하여 총체적으로 제품정보를 공유하고 재창출할 수 있도록 관리하는 시스템이라고 정의하였다. 그러나 PDM에 대한 대부분의 연구들과 정보시스템들은 제품 개발과정에서 발생하는 데이터의 통합 관리와 CAD 솔루션의 기능 향상, STEP 데이터의 가시화를 통한 제품형상관리, 제품구성관리, 기술문서관리 등에 집중하고 있다. 특히, Dassault Enovia, UGS TeamCenter Engineering, PTC Windchill 등과 같은 상용 PDM 시스템들은 제품변이, 설계변경, 유효성, 제품구성, 목적별 제품구조와 통합된 제품구성관리 기능이나 규칙기반 제품 구성기를 제공하고 있으며, 제품구성의 결과를 제품구조로 표현하도록 하는 제품구성관리기능으로 제품구조를 통합하였다. 물론 PDM 시스템이 제품구성관리나 제품구조관리 기능을 지원하지만, 대부분의 기업에서는 PDM 시스템을 CAD와 같은 설계부문의 응용시스템을 지원하기 위한 기능으로 운영하여 CAD 업무의 성능향상 관점에서만 사용하고 있다. 따라서 상용 PDM 시스템들의 제품구성관리 기능은 제품변이 및 제품구조가 비교적 확정적인 조립생산 환경에 적합하나, 고객사양에 따라 제품변이가 변하거나 제품변이를 예측할 수 없는 고객지향 수주생산 환경에는 적합하지 않으므로, 이를 위하여 제품사양관리 측면에서 고객사양, 설계사양, 그리고 제품사양의 통합을 통한 제품사양 기반의 제품구조관리 개념을 중요한 요소로 반영하여야 한다. 김대범 등(1999)은 대표적인 조립생산 환경인 자동차 산업에서의 제품에 관한 정보를 전사적 관점에 통합하는 Enterprise BOM의 기본 구조 설계에 관한 연구를 수행하였는데, 제품의 개발, 생산, 판매에 있어서 기능단위 중심의 제품표현 방식 통일, 제품데이터의 전사적 통합 실현에는 의미가 있지만, 발생 가능한 제품변이가 소규모로 제한되어 있는 조립생산환경에만 적용되어 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 기존 연구들은 고객이 요구한 사양으로부터 제품이 구성되는 것임에도 불구하고, 제품의 물리적인 구성 상태나 형상표현의 결과로서만 인식하는 제품구성관리에 연구가 치중되었다. 또한, 제품변이의 조합을 사전에 정의할 수 있는 계획 및 조립생산 환경에서의 제품구조 생

성 문제를 대상으로 하고 있다. 이러한 이유로 고객지향 수주생산 환경처럼 고객사양에 의해 제품변이가 결정되고, 제품변이를 사전에 예측할 수 없으며, 고객사양으로부터 설계사양 그리고 제품사양을 직접 생성, 관리해야 하는 경우에는 적용이 어렵다.

3. 제품사양 관점에서의 제품정보 통합 체계

3.1 제품사양체계(product specification framework)의 정의

고객지향 수주생산 환경에서는 고객이 요구하는 사양의 제품을 고품질로 주어진 시간 내에 생산해야만 한다. 그러나 사양의 변화, 신기술의 개발, 신제조공법의 개발 등과 같은 다양한 변화요소로 인해 주어진 목표를 달성하는데 많은 어려움을 주고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 보다 체계적인 제품사양관리가 필요하며 이에 따른 제품구조를 생산 환경에 적합하게 변화시켜야 한다. 그리고 단절되어 있는 제품사양과 제품구조간의 관계를 재정립하여 연계시켜야 한다. 제품사양 관리는 서로 다른 부품들을 하나의 제품구조로 결합함으로써 다양한 제품들을 생성시키는 기능이며(Olsen *et al*, 1998), 하나의 제품에 대해 적절한 부품들과 중간 조립품들을 선택하는 설계업무의 일부이다. 따라서 본 연구에서는 제품사양과 제품구조를 통합하는 제품사양 기반의 제품구조를 이용한 제품사양체계를 제시하고자 한다.

기존의 제품구조는 <그림 4>(a)와 같이 설계 담당자의 경험과 지식, 고객이 요구한 제품사양정보, 기술제휴사에서 제공하는 설계사양을 기반으로 제품구조가 선정된다. 이는 제품변이가 발생하는 사양마다 모델별로 개별적인 제품구조를 보유하고 있어야 되고, 파생되는 타입에 따라 편집, 검증 작업을 수작업으로 해야 하는 부담을 가지고 있다. 고객사양에 따라 적합한 제품구조를 찾는다는 것은 경험이 풍부한 설계 담당자만이 할 수 있는 작업이다.

본 논문에서 제시하는 제품사양 기반의 제품구조는 제품구조 내에 사양정보를 포함함으로써 고객이 요구한 사양에 대해 가장 적합한 제품구조를 추출해 낼 수 있도록 하는 마스터 개념의 제품 구조이다. 이를 위하여, 본 연구에서는 <그림 4>(b)와 같이 모델별 사양정의(specification definition: SD)와 기능별 사양(main group specification: MGS)의 개념을 도입하였다. 모델별 사양정의는 모델, 사양, 그리고 기능단위간의 관계를 정의한 것으로, 모델이 가질 수 있는 사양 리스트와 사양의 표준/옵션 관계, 사양별 결합 또는 배타제약, 그리고 제품 공급범위의 사양 항목별로 영향을 받는 기능단위(main group)를 정의한 것이다. 이것은 특정 모델이 가질 수 있는 모든 사양정보를 사전에 정의하여 관리하며, 특정 사양이 선택되었을 때, 선정되어야 하는 기능단위를 사전에 정의하여 관리한다. 여기서, 모델은 생산하는 제품의 종류를 사양과 기능적인 측면에서 분류한 것이며, 사양은 제품의 종류와 제품을 만드는 방법을 표현하기

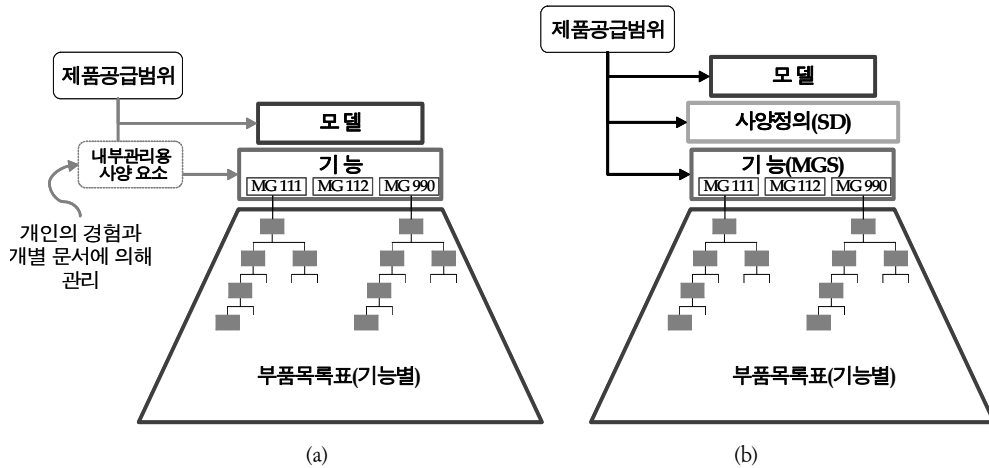


그림 4. (a) 기존 제품구조, (b) 제품사양기반 제품구조

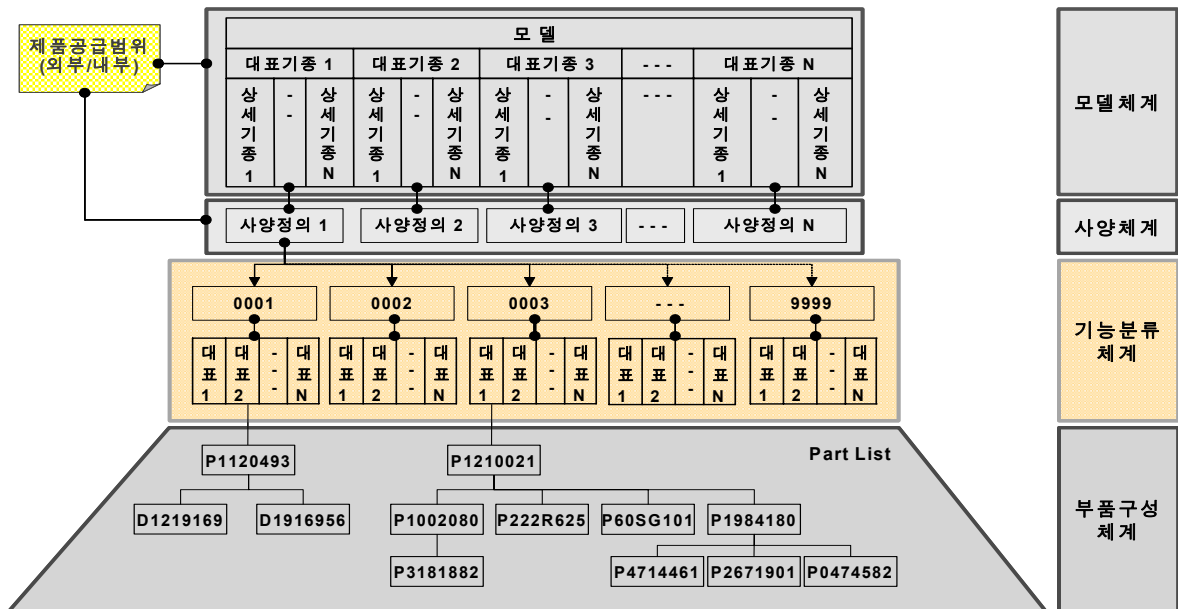


그림 5. 제품사양체계

위해 사용되는 제품에 대한 특성 데이터로서, 제품의 성능, 기능, 물리적 속성을 의미하고, 기능단위는 하나의 제품을 기능적 또는 물리적 단위로 구분한 것을 말하는데, 선박엔진의 경우 하나의 모델은 250개 내외의 기능단위들로 구성된다. 또한, 각 사양이 선택되었을 때, 상호 결합관계에 있는 기능단위와 상호 배타관계에 있는 기능단위를 관리한다. 따라서 제품공급범위가 결정되었을 때, 사양정의의를 통하여 해당 모델에 대한 사양정보와 정확한 기능단위의 수를 파악할 수 있게 된다. 기능별 사양은 제품사양과 부품구성체계의 연계를 위한 가교 역할을 하는 기능단위를 체계적, 종합적으로 관리하기 위하여 기능적 또는 물리적 단위로 적합하게 분류한 것을 말한다. 즉, 기능단위의 변이별로 제품공급범위에 있는 사양정보를 정의하여 모델과 사양에 적합한 기능단위 변이와 하위 제품구조를 찾아내도록 하는 기능을 한다. 이렇게 제품구조 내에 사양정

보를 통합시킴으로써 고객이 요구하는 사양에 대해 유연하고 신속하게 대응할 수 있게 된다.

본 논문의 제품사양체계는 기본적으로 제품사양 기반 제품구조의 근간이 되는 모델-사양-기능-부품의 구조를 따른다. 따라서 제품사양체계는 <그림 5>와 같이 모델체계(model system), 사양체계(specification system), 기능분류체계(function group system), 부품구성체계(part list system)로 구성된다.

모델체계는 기획/설계/생산/판매하는 모든 종류의 제품에 대한 사양의 차이를 효율적인 사양관리 목적에 적합하도록 체계적으로 분류하여 코드화한 것을 말한다. 종류는 대표기종과 상세기종으로 나뉜다. 대표기종은 특정한 제품의 종류를 대표하여 부여한 명칭이며, 상세기종은 특정한 대표기종을 관리 기준에 따라 상세하게 분류한 것으로, 5~30여 개의 상세기종으로 분류가 된다. 모델체계는 제품을 구분하고 관리하기 위한

의사 소통의 기본 틀로서 사용되고, 사양차이를 쉽고 정확하게 식별하고 분류가 가능하도록 하기 위한 단위로서 사용된다.

사양체계는 제품공급범위, 모델체계 그리고 기능분류체계 간의 관계를 체계적, 종합적으로 관리하기 위하여 테이블 형식으로 연계하여 표현되며, 제품공급범위에 있는 제품과 부품의 사양과 특정 사양의 상호 결합 및 제약, 그리고 특정사양의 영향을 미치는 기능단위를 관리한다. 사양체계는 상위에 있는 제품공급범위와 모델체계, 그리고 하위에 있는 기능단위를 사양항목별로 연계하여 제품사양체계의 축을 형성하고 있다.

기능분류체계는 사양정의체계와 부품구성체계간의 연계를 위해 부품리스트 작성단위인 기능단위를 제품의 기능적 또는 물리적 단위로 적절하게 분류하여 테이블 형식으로 표현한 것이다. 이 테이블은 단독 혹은 조합으로 제품의 사양을 구성하고 엔진에 대한 각 사양별 표준과 옵션을 관리하며, 상위의 사양 체계에서 결정되는 기능단위별로 사양의 조합에 가장 적합한 대표 부품번호를 선정해 주기 위한 테이블이다

부품구성체계는 사양변화에 따른 기능단위의 변이별로 구성되는 부품리스트를 의미하며, 모부품 단위당 자부품의 친자관계, 부품중량, 수량, 단가, 제작구분, 부품관리번호, 공정코드 등의 속성 정보를 가지고 있다. 부품구성체계는 기능단위의 분류 체계와 밀접한 관련성을 갖고 있으며, 제품의 설계정책 및 생산 특성에 따라 구성 수준(level)이 달라진다. 부품구성 체계는 기능분류체계에서 사양에 따라 분류된 기능단위별로 구성 부품들의 구성관계, 조립관계를 표현한다. 부품구성체계의 최상위 관리단위는 기능단위의 대표 부품번호이다.

3.2 제품사양체계의 정보 모델

제품사양체계가 정보시스템으로 구축되기 위해서는 개념적 데이터 모델(conceptual data model)로 변환되어야 하며, 제품사양체계에 대한 논리적인 정보 흐름(logical data flow)으로 표현되어야 한다. 개념적 데이터 모델과 논리적인 정보 흐름은 제품사양체계의 개념과 구조를 정확하게 설명하는데 유용하게 활용될 수 있다.

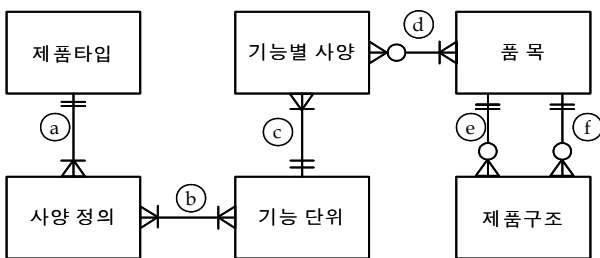


그림 6. 제품사양체계의 개체관계도

먼저, <그림 6>은 Chen(1976)의 개체관계모델(entity relationship model)을 이용하여 제품사양체계를 모형화한 것이다. 제품사양체계는 제품의 타입정보를 관리하는 제품타입 개체,

사양정보를 관리하는 사양정의개체, 기능단위의 사양을 관리하는 기능별 사양 개체, 기능단위 정보를 관리하는 기능단위 개체, 품목(중간품목, 자재)의 고유 속성정보를 관리하는 품목 개체, 그리고 품목간의 모자관계를 정의하는 제품구조 개체로 구성된다. 관계 ①은 모델체계와 사양체계와의 관계, 관계 ②, ③은 사양체계와 기능분류체계와의 관계, 그리고 관계 ④는 기능분류체계와 부품구성체계와의 관계를 표현한다. 관계 ⑤ (모품목), ⑥(자품목)는 품목간의 모자관계를 표현하며, 이것은 부품구성체계 내의 관계를 의미한다.

다음으로, <그림 7>은 제품사양체계를 논리적인 정보 흐름으로 표현한 것이다. ①의 모델과 사양 관계에서의 정보흐름은 모델체계와 사양체계의 연계를 의미한다. 제품공급범위에 명시된 상세기종이 특정 제품이 갖는 사양과의 관계를 정의하는데 사용되기 때문에, 제품공급범위에서 선정된 사양들은 상세기종별 사양을 보유하고 있는 사양정의 테이블에 정의되고 연계된다. ②의 사양과 기능단위 관계에서의 정보흐름은 사양체계와 기능분류체계간의 연계를 의미한다. 따라서 사양정의 체계와 기능분류체계의 연계를 위해 사양정의체계의 To MG (main group) 속성을 이용하여 상세기종별로 사용이 되는 기능단위를 추출한다. 또한, 기능단위에 적용되는 사양들의 조합과 사양정의 테이블에 정의된 사양조합을 비교하여 가장 적합한 대표 부품번호를 선정하기 위해서 사양과 기능단위와의 관계가 필요하다. 기능단위는 사양의 변화에 따라 여러 종류의 대표 부품번호를 가지기 때문에, 적절한 대표 부품번호를 선정하기 위한 기준을 사양 조합의 일치 정도, 최신 도면 유무 등을 검색하여 선정한다. 최신 도면을 선정기준으로 설정한 이유는 사양 변경, 기술제휴사의 설계 개선 등으로 인하여 수시로 변경이 되는 도면을 실제 프로젝트에 반영해야 하는 고객지향 수주생산 환경의 특징 때문이다. ③의 기능단위와 부품구성간의 관계에서의 정보흐름은 기능분류체계와 부품구성체계의 연계를 의미한다. 기능단위에 선정된 대표 부품번호의 제품 구조를 찾기 위한 것이다. 즉, 기능단위에 있는 대표 부품번호를 모품목으로 지정하고 있는 하위 품목이나 자재들을 부품일람표에서 모자관계를 이용하여 추출해낸다. 이것은 제품사양의 조합에 따라 선정된 대표 부품번호의 하위 구조를 추출하기 때문에, 제품구조는 제품사양에 의해 결정된다는 것을 의미한다.

제품사양체계는 고객사양을 제품사양으로 변환하기 위하여 제품에 적용되는 사양, 각 사양에 필요한 기능단위, 그리고 기능단위를 구성하는 하위의 구성품목과 자재들을 체계적으로 구조화한 것으로, 단위 시스템 또는 수작업으로 관리되는 제품사양과 제품구조 정보를 제품사양체계의 관계와 속성을 이용하여 논리적인 단일개체로 통합한 것이다. 이상과 같이 제품사양체계를 구성하는 각각의 체계들이 논리적으로 연결됨으로써, 제품사양체계는 제품사양과 제품구조의 특성, 그리고 고객지향 수주생산 환경의 특징을 적절히 고려하고 있기 때문에, 제품정보 통합 시스템의 구축과 운영을 효율적으로

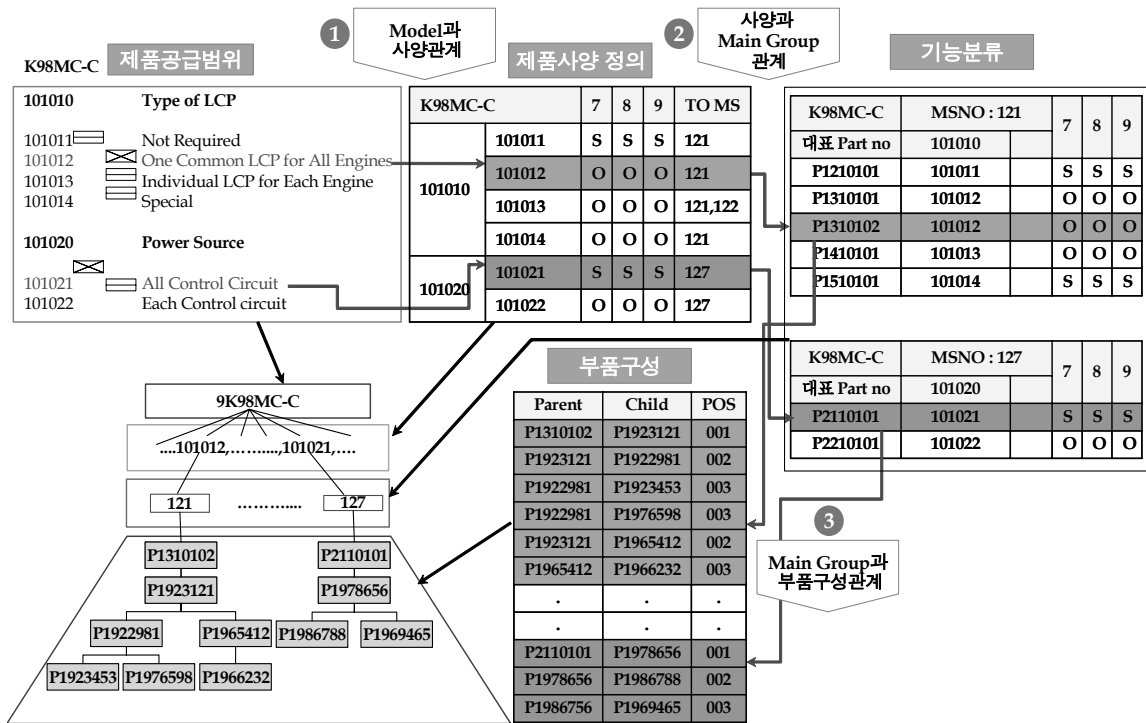


그림 7. 제품사양체계의 논리적 정보 흐름

지원하는 핵심 정보체계가 될 것이다.

3.3 제품사양관리 절차

제품사양체계를 합리적이고 효율적으로 운용하기 위해서는 고객지향 수주생산환경에 적합한 논리적인 절차가 필요하다. 이러한 제품사양관리 절차는 고객 사양정보를 이용하여 가장 적합한 설계사양과 제품사양을 생성하도록 전개하는 절차이며, <그림 8>과 같이 다섯 가지 단계로 구성된다.

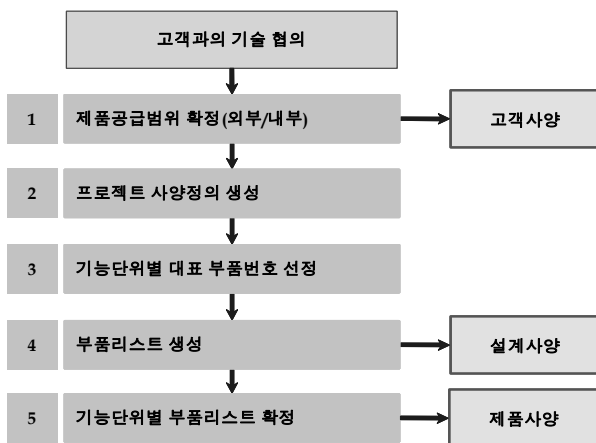


그림 8. 제품사양관리절차

- 단계 1: 제품공급범위 확정(외부/내부)

제품공급범위 확정 작업은 고객과의 기술협의를 통해 결정된 고객사양을 상세 사양정보로 정리, 변환하는 작업이다. 제품공급범위는 사양에 대한 의사소통용으로 사용되기 때문에 그 이외의 사양정보 삽입시 고객과 불필요한 문제를 야기 할 수 있을 뿐 아니라, 내부의 사양 정보가 노출되는 우려가 있다. 따라서 기업 내부관리에 필요한 사양정보를 별도의 형식으로 관리하여야 한다. 내부사양 관리용 정보의 유형은 고객에 노출이 되면 안되는 내부 관리에 필요한 기술 사양정보, 사양구분을 위하여 필요한 관리 정보, 제품공급범위의 사양 표현 제약으로 세분화 관리를 해야 하는 사양, 사양전개를 위하여 필요한 항목 등으로 이들을 내부 제품 공급범위로 규정하였다. 고객과의 기술협의를 통해 결정된 사양을 외부 제품공급범위와 내부 제품공급범위에 각각 분류하여 정리한 결과는 고객사양이 된다. 이것은 고객이 요구한 개략적인 사양과 설계 담당자의 경험과 지식이 합쳐진 고객사양 정보가 생성된다는 것을 의미한다.

- 단계 2: 프로젝트 사양정의 생성

사양정의 생성 작업은 고객사양의 모델정보와 미리 정의된 대표기종별 사양정의 테이블을 사용하여 사양간의 제약, 선택된 사양으로부터 영향을 받는 기능단위를 분류하도록 한다. 제품공급범위 확정에서 생성된 고객사양 정보에서 모델정보를 이용하여 사양정의 테이블의 표준사양정보를 추출하고, 사양간의 제약을 확인하여 프로젝트별 사양정의를 생성한다. 또한, 사양정의 테이블에 있는 기능단위를 추출하여 설계가 되

어야 하는 기능단위를 선정한다. 선정된 기능단위는 프로젝트를 진행하는데 반드시 있어야 하는 기능 분류이기 때문에 중요한 정보이다. 이 정보는 프로젝트 수행에 필요한 예산 편성을 위한 기본 자료로 활용되며, 장납기 자재의 소요량을 사전에 제공할 수 있다.

● 단계 3: 기능단위별 대표 부품번호 선정

사양정의에서 생성된 프로젝트별 사양정의 정보와 기능단위들이 가지는 사양들을 비교하여 가장 적합한 대표 부품번호를 선정하는 작업이다. 사양정의에서 선정된 기능단위 각각에 대하여 적용되는 사양들을 추출한 다음, 프로젝트별 사양정의 정보에서 적용된 사양의 값을 비교한다. 기능단위에서 비교 대상이 되는 부품번호들은 설계 담당자의 판단에 의해 사전에 사용, 미사용, 삭제 등으로 구분하여 대상 범위를 줄이도록 하였으며, 부품번호들 간의 사양 조합에 따라 표준과 옵션을 구분하였다. 대표 부품번호를 선정하기 위한 기준은 사양 조합의 일치 정도와 최신 도면으로 선정하였다. 사양 조합의 일치 정도는 기능단위의 사양에 영향을 미치는 사양들에 대해 각각의 중요도에 따라 가중치를 부여하여 유사 정도를 계산하고, 가장 높은 유사도를 가진 대표 부품번호를 선정한다. 고객지향 수주생산 환경에서는 사양의 변경, 기술제휴사의 설계 개선, 공법 개선 등으로 인하여 수시로 변경되는 도면을 실제 프로젝트에 반영해야 하기 때문에 사양 조합의 일치 정도가 같을 경우, 최신 개정번호를 가진 도면을 우선적으로 선정토록 하였다.

● 단계 4: 부품리스트 생성

선정된 대표 부품번호들에 대한 프로젝트 부품리스트를 표

준 부품리스트에서 가져와서 생성하는 작업이다. 이 작업은 사양의 조합으로 선정된 기능단위에 대해 부품리스트를 구성하여 미확정 상태의 프로젝트 부품리스트를 만드는 작업이다. 이 작업의 결과로 설계사양이 만들어진다. 설계사양은 설계에 대한 대안을 제시하는 사양으로 고객사양 변경, 생산 환경 제약, 기술제휴사 설계 변경 등의 고려 요인이 반영되지 않은 상태의 사양이다. 사양조합의 일치 정도가 100% 일치한다 하더라도 고객지향 수주생산 환경에서는 설계 담당자의 최종 확정이 필요하다.

● 단계 5: 기능단위별 부품리스트 확정

미확정 상태의 설계사양으로부터 고객사양의 변경, 생산 환경의 제약, 기술제휴사의 설계 변경 등과 같은 여러 가지 변화 요인을 고려하여 부품리스트를 수정한 후, 설계 담당자가 최종적으로 확정하게 된다. 선박엔진의 경우 제작기간이 길고(6개월에서 11개월), 각 기능단위 간의 제작 우선순위, 자재 수급 기간 등으로 인하여 모든 기능단위를 동시에 확정하지는 못한다. 따라서 각 기능단위의 특성에 따라 점차적으로 확정이 되어가며, 확정이 된 상태의 설계 BOM은 제품에 대한 생산을 할 수 있는 제품사양으로 전환된다.

이상의 제품사양관리 절차의 각 작업에 대한 개념도를 도식화 하면 <그림 9>와 같다.

4. 구축 사례

본 장에서는 고객지향 수주생산 환경을 가진 'H' 기업의 선박엔진 제조 부문을 대상으로 제품사양관리 시스템구축 사례를

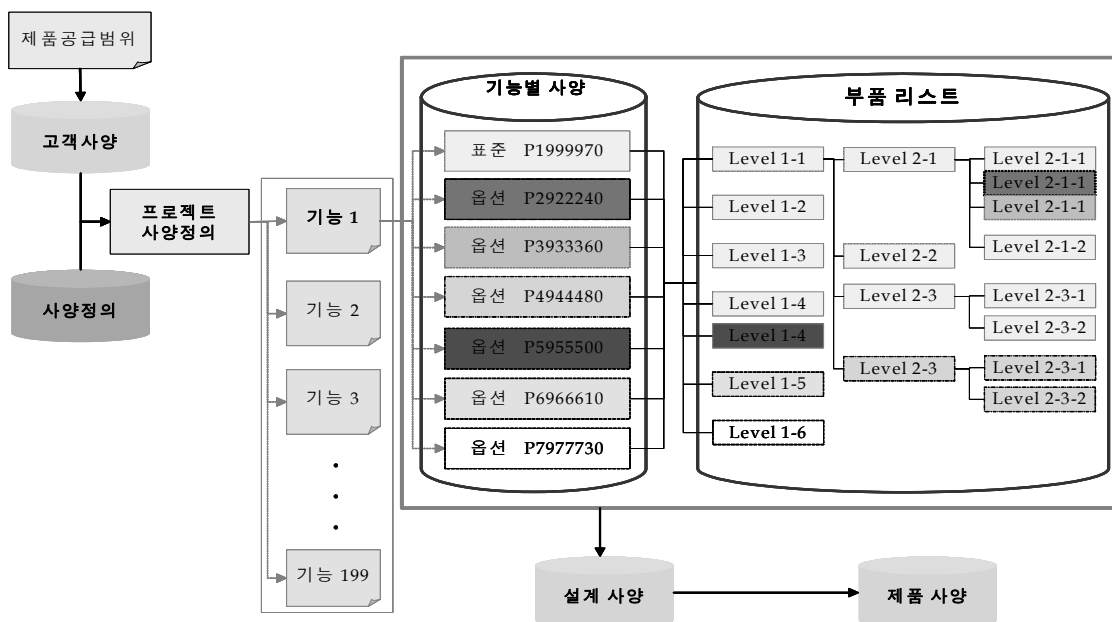


그림 9. 제품사양관리절차의 논리적 정보 흐름

기술하고자 한다. ‘H’ 기업은 세계 최고의 선박엔진 생산기업으로 전 세계 물량의 30% 이상을 생산 및 판매하는 기업이다. 선박용 엔진은 피스톤이 움직인 횟수를 말하는 행정에 따라 대형엔진과 중형엔진으로 구분한다. 이들 제품군은 엔진의 용량에 따라 약 80종류의 제품으로 분류된다. 각 엔진제품은 기하학적인 형태와 중량, 길이 등의 특성치를 가지고 있다. 대형엔진 제품군은 유조선, 컨테이너선, LNG선과 같은 대형 선박의 추진용 엔진으로 사용되고, 중형엔진 제품군은 중소형 선박의 추진용, 대형선박의 발전용, 육상 발전용 엔진으로 사용된다.

제품의 물리적 특징으로 인해 선박엔진 제조 산업은 고비용 기술 집약의 대형 프로젝트형 사업이다. 선박엔진 제조 산업에서의 가장 중요한 점은 고객이 요구하는 제품사양을 철저히 만족시키면서 고객이 원하는 납기에 제품을 생산하는 것이다. 여기서 고객과의 납기 준수 문제는 생산기술과 정보시스템의 획기적인 발달로 대부분의 문제들이 해결되었지만, 고객이 요구하는 사양에 맞는 고품질의 제품을 생산하여 인도하도록 하는 제품사양관리 문제는 ‘H’ 기업에서 반드시 해결해야 할 최우선 과제가 되었다. 따라서 ‘H’ 기업은 기업 경쟁력 강화와 매출증대를 위한 전략적 수단으로, 제품에 대한 체계적인 제품사양관리를 통해 제품정보 중심의 기업통합체계를 구축하고자 하였고, 이에 대해 본 연구에서 제시하는 제품사양체계와 제품사양관리절차를 적용하여 시스템을 구축하였다.

4.1 시스템 구성

연구대상 기업의 제품사양관리 시스템 구축 및 운영을 위한 시스템 구성은 <그림 10>과 같다. 주요 시스템 구성은 Web Server로 Web logic을 채택하였고, 시스템 운영체계로는 서버에

Unix, 클라이언트에 Windows XP를 기반으로 하였다.

시스템 개발 도구로는 인터넷을 기반으로 클라이언트/서버와 같은 사용자 인터페이스 어플리케이션을 브라우저 할 수 있도록 하기 위해 X-Internet 인터넷 기반의 시스템 개발 도구인 MiPlatform과 오라클 데이터베이스를 사용하여 구축하였다. 제품사양관리 시스템에서 생성되는 정보들은 기업 내부 LAN을 통하여 기업 내부의 기간제 시스템에 전달된다. 제품사양관리시스템은 ‘H’ 기업의 제품정보 통합시스템 구축의 일환으로 적용된 시스템이며, 제품정보 통합시스템의 전체 이미지는 <그림 11>과 같으며, 고객사양관리, 프로젝트 BOM 관리, 목적별 BOM 관리, 설계변경관리, 견적관리, 코드관리로 구성되어 있다. 제품사양관리 시스템은 제품정보 통합시스템의 핵심 시스템으로서, 고객사양관리와 프로젝트 BOM 관리 영역을 포함하고 있다.

4.2 제품사양관리 시스템

본 절에서는 제품사양체계와 제품사양관리 절차를 기반으로 한 ‘H’사 선박엔진 제조 부문의 제품사양관리 시스템에 대하여 기술한다. 제품사양관리 시스템은 고객사양관리 시스템과 설계사양관리 시스템으로 나뉜다.

먼저, 고객사양관리 시스템은 기존의 종이 문서 또는 단순 데이터 파일로 관리되는 제품사양과 설계자의 지식과 경험으로 관리되는 목시적 사양을 체계적으로 정리, 분류하여 정보화한 시스템으로 표준사양관리 모듈과 고객사양관리 모듈로 구성된다. 표준사양관리 모듈은 발생 가능한 모든 제품별로 표준사양과 선택사양을 유지, 관리하는 영역이고, 고객사양관리 모듈은 수주정보와 표준사양 정보를 사용하여 고객사양을 생성, 관리하는 영역이다. 표준사양관리 모듈은 고객사양의

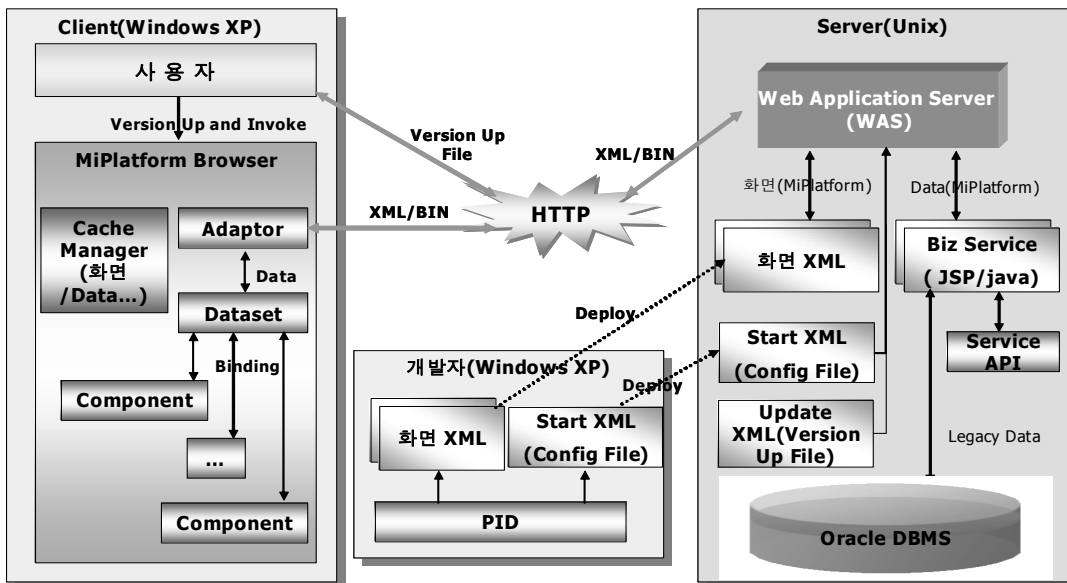


그림 10. 시스템 구성도

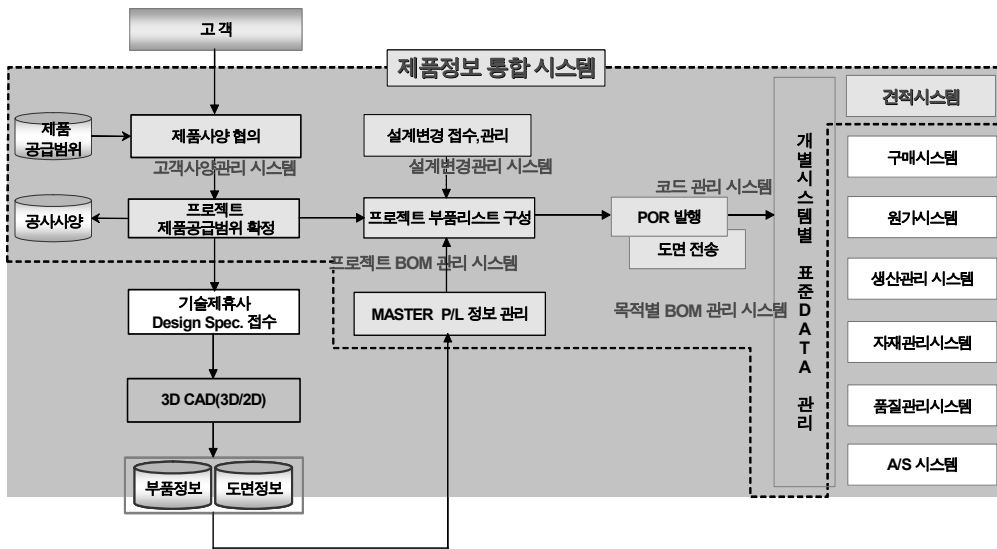


그림 11. 제품정보 통합시스템의 구조

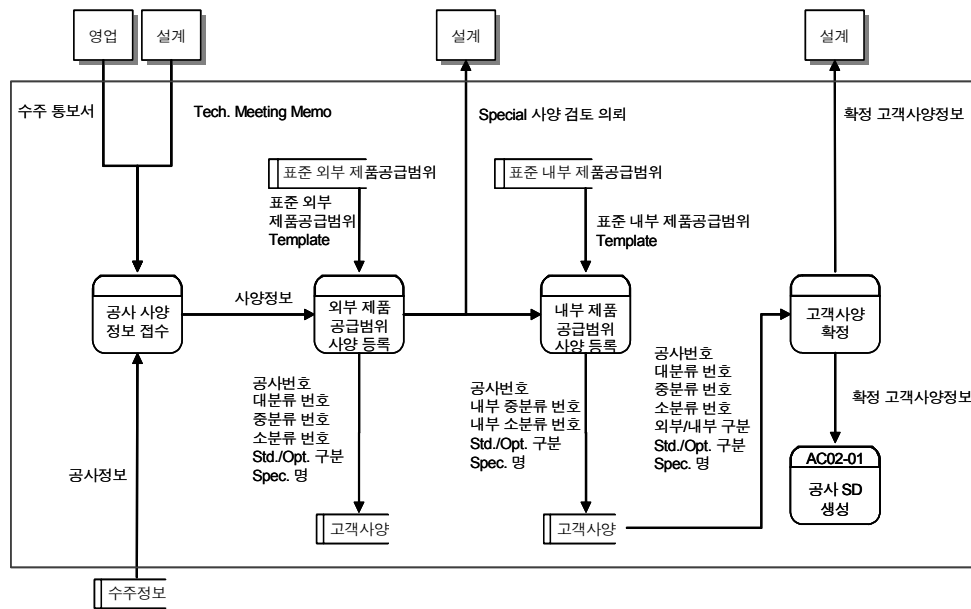


그림 12. 고객사양관리 자료흐름도

가시화와 표준화를 위하여, 고객용 외부 제품공급범위와 내부 제품공급범위로 나뉜다. 외부 제품공급범위는 모델의 대표기종 그룹별로 관리하며, 내부 제품공급범위는 모델의 상세기종별로 관리한다. 즉, 표준사양관리 모듈은 제품사양에 대한 표준화를 유도하고 설계자의 지식과 경험을 정보로 변환시켜 사양에 대한 정보를 지식화 하는 모듈이다. 그리고 고객사양관리 모듈은 고객과의 기술 협의 후 결정된 제품공급범위를 이용하여 고객사양을 생성하는 모듈이다. 1차적으로 기본설계 담당자가 고객 주문에 대한 외부 제품공급범위를 생성하고, 이를 기반으로 상세설계 담당자가 내부 제품공급범위를 생성하게 된다. 이를 최종적으로 확정하면 고객 주문에 대한 고객사양이 생성된다. <그림 12>는 고객사양관리에 대한 자료흐

름도를 표현한 것이며, <그림 13>은 고객사양관리 시스템을 구성하는 화면들이다.

다음으로, 설계사양관리 시스템은 생성된 고객사양을 기준으로 고객주문에 대한 사양정의를 생성하고, 고객이 주문한 제품을 생산하는데 필요한 기능단위와 고객이 주문한 사양에 가장 적합한 대표 부품번호를 추출하여 설계사양을 생성하고 최종적으로 제품사양을 생성하는 시스템이다. 즉, 설계사양관리 시스템은 고객이 주문한 사양 데이터를 사용하여 제품의 물리적 모습과 기능적인 제품 구조 데이터로 변환시킨다. 이 과정은 생산해야 할 제품의 구조가 드러나기 때문에 제품정보 통합시스템에서 가장 중요한 부분이다. 설계사양관리 시스템은 사양정의 생성 모듈, 사양전개 모듈, 설계 BOM(설계사양)

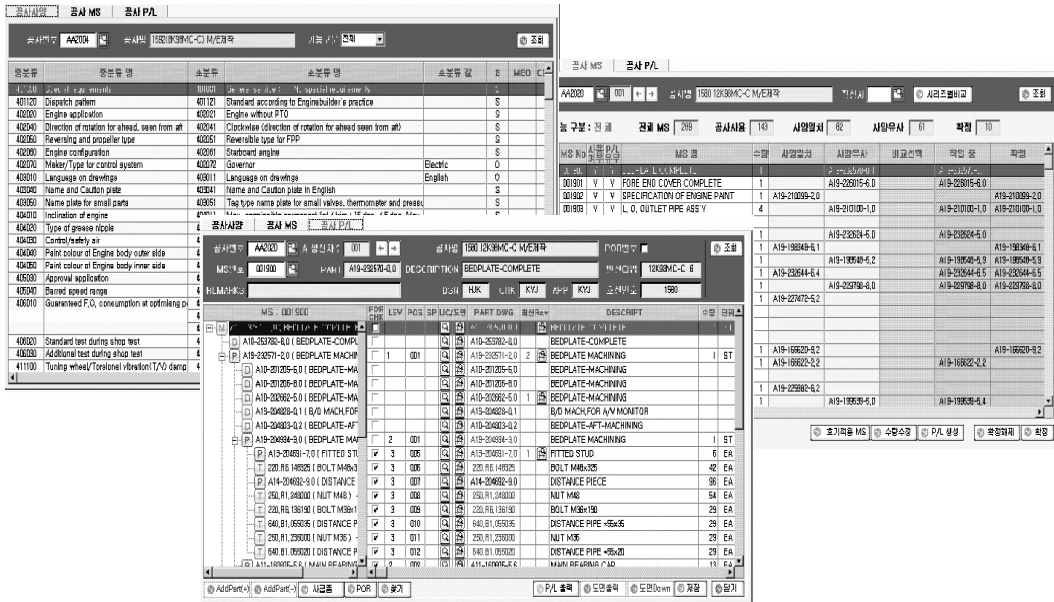


그림 13. 고객사양관리 화면

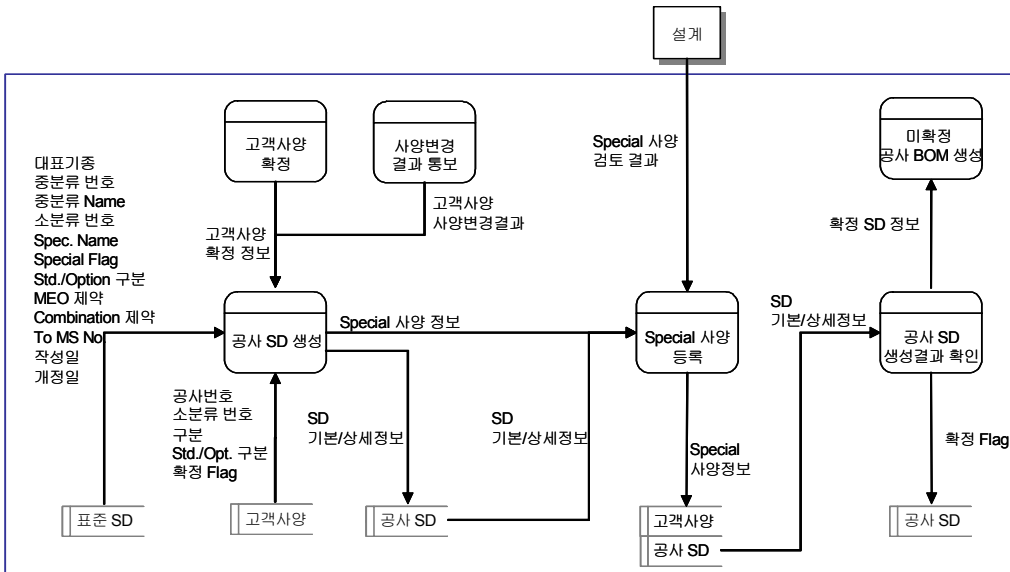


그림 14. 사양정의 모듈 자료 흐름도

생성 모듈로 구성된다. 사양정의 생성 모듈은 고객사양에 대한 사양들 간의 제약을 고려하여 프로젝트사양으로 변환하는 모듈이다. 또한, 해당 프로젝트에 필요한 기능단위를 추출하는 역할도 한다. 사양전개 모듈은 사양정의 생성 모듈에서 만들어진 프로젝트사양과 기능단위의 사양을 비교하여 기능단위별로 가장 적합한 대표 부품번호를 선정하는 모듈이다. 설계 BOM 생성 모듈은 기능단위별로 선정된 대표 부품번호의 하위 제품구조를 표준 부품리스트에서 가져와서 해당 프로젝트의 설계 BOM을 생성하는 모듈이다. 설계 BOM은 최초 사양 전개 모듈에 의해 생성되었을 때는 미확정 상태이다. 설계 담당자가 사양변경이나 설계변경의 결과를 부품리스트에 반영

한 이후에 기능단위별로 최종적으로 확정된다. 모든 기능단위가 확정되면 전체 설계 BOM이 확정된다. 확정된 설계 BOM은 설계사양에서 제품사양으로 상태가 변화된다. <그림 14>는 설계사양관리 시스템의 모듈 중 사양정의 생성 모듈에 대한 자료흐름도이고, <그림 15>는 설계사양관리 시스템을 구성하는 화면이다. 고객사양을 이용하여 프로젝트 사양정의를 생성하고, 프로젝트 사양정의와 선정된 기능단위의 사양을 비교하여 사양에 가장 적합한 대표 부품번호를 찾는 사양전개를 수행하면 해당 프로젝트에 대한 설계 BOM이 생성된다. 설계 담당자는 고객사양이나 기술제휴사의 설계변경을 설계 BOM에 반영하여 최종적인 제품사양을 만들게 된다.

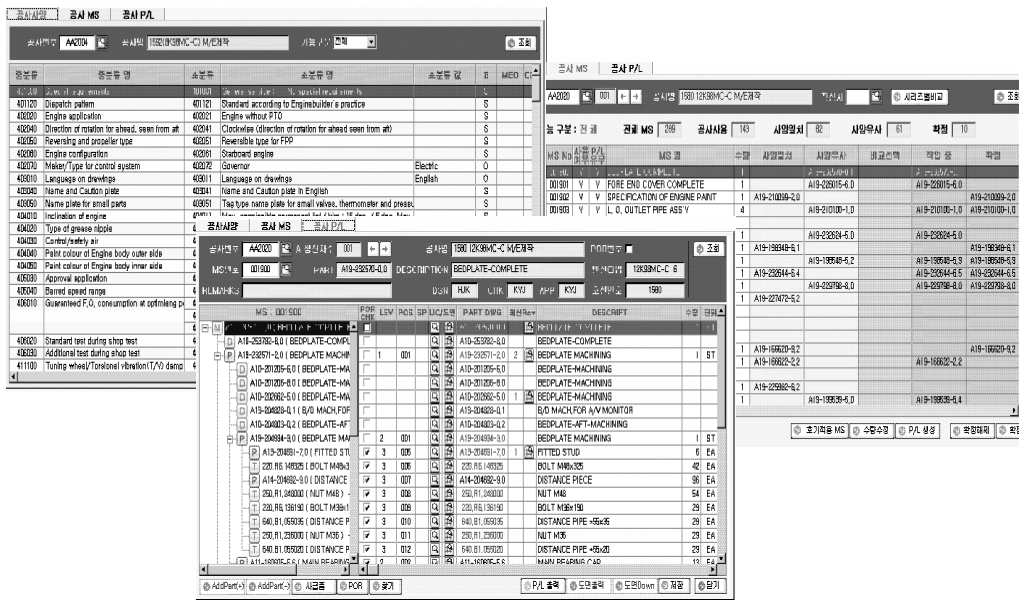


그림 15. 설계사양관리 화면

6. 결론 및 추후 연구

제품에 대한 고객의 요구사항을 철저히 반영해야 하는 고객지향 수주생산 환경에서의 제품사양관리는 기업 업무의 시작을 어느 방향으로 어떻게 진행하느냐를 결정하는 이정표이다. 본 연구에서는 복잡한 산업의 범주에 속하는 대표적인 산업중의 하나이며, 고객지향 수주생산 환경에 속하는 선박엔진 제조산업을 연구대상으로 하여 고객지향 수주생산 환경의 전반적인 특징, 제품구조, 그리고 제품사양관리 업무를 분석하여 고객지향 수주생산 환경에 적합한 제품사양체계와 관리절차를 제시하고, 연구대상기업에 적용하여 제품사양관리 시스템을 구축하였다.

본 연구에서 제시하는 제품사양체계는 제품구조 내에 사양정보를 포함함으로써 고객이 요구한 사양에 대해 가장 적합한 제품구조를 신속하게 추출한다. 이를 위하여, 모델별 사양 정의와 기능별 사양 개념을 도입하여 제품사양과 제품구조를 통합하였고, 이를 합리적으로 운영될 수 있도록 지원하는 제품사양관리절차를 제시하였다.

본 연구에서 제시한 제품사양체계는 제품정보 통합시스템의 핵심을 이루는 근본 체계로서, 고객의 요구에 즉시 대응할 수 있는 기반을 제공하고 기업의 모든 부문에서 일관된 제품정보를 활용하도록 하며, 제품수명주기 동안의 제품정보를 통합적으로 관리하도록 한다. 또한, 제품사양체계와 제품사양관리 절차는 고객사양에 따라 발생하는 제품변이에 대해 가장 적합한 제품구조를 제시함으로써 고객사양을 신속히 제품사양으로 변환토록 한다. 이것은 고객사양에 의해 제품변이가 결정되거나 제품변이를 예측할 수 없는 고객지향 수주생산 환경에서 제품사양관리와 제품구조관리가 가지는 사양정보관리, 사양변경관리, 제품구조 생성 및 관리, 그리고 사양변경에

따른 제품구조관리 등에 수반되는 제반 문제점들을 해결하였다. 이를 통해, 제품사양관리가 가시화되기 때문에 눈에 보이는 사양관리가 이루어지고 설계 오류가 대폭 감소하게 된다. 그리고 제품정보 중심의 부문간 공유 체계를 운영하여 부문간 중복 업무와 부가 업무가 축소되어 관리 생산성이 향상된다. 이러한 이유로, 제품사양체계는 제품사양 기반의 제품정보를 이용하여 기업의 응용 시스템을 통합하는 정보모델의 역할을 수행한다. 따라서 제품사양체계와 절차는 제품정보 통합 시스템의 핵심 개념으로 제품정보 통합을 위한 기반을 제공하기 때문에, 향후 기업 통합시스템 구축 영역에서 핵심적인 역할을 할 것이다.

본 연구의 한계로는 제시한 제품사양체계가 제품사양 기반의 제품정보를 이용하여 기업 각 부문의 응용시스템을 통합하도록 지원하는 강력한 정보 모델이지만, PDM 시스템의 물리적인 설계 정보와 연계되어 있지 않기 때문에, 진정한 의미의 제품정보 통합을 위한 체계라고 하기에는 무리가 있다. 따라서 PDM 환경에서 설계 고유 업무와 정보시스템(CAD/CAE)을 통합적으로 관리할 수 있는 정보체계에 관한 연구가 필요하다. 그리고 고객지향 수주생산 환경에서의 제품구조는 동적 모델(dynamic model)이다. 고객에 의한 제품사양의 변화, 기술 제휴사의 기술개발로 인한 도면 변경, 공정 개선에 의한 설계변경 등과 같은 변화로 인해 제품구조는 시간별로 다양하게 변화한다. 따라서 제품구조의 변화를 이벤트별로 표현하여 관리할 수 있는 동적 모델에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

김대범, 변명섭, 최현수(1999), 비즈니스 Speed-up을 위한 Enterprise

- BOM 구조 설계에 관한 연구-자동차 산업을 중심으로-, *대한산업 공학회 · 한국공업경영학회 추계동학술대회 논문집*.
- Barker, V. E., O'Connor, D. E., and Bachant, J. (1989), Expert systems for configuration at digital: XCON and beyond, *Communications of the ACM*, 32(3), 298-318.
- Bertrand, J. W. M., Wijngaarm, J., and Wortmann, J. C. (1990), Production Control a Structured and Design Oriented Approach, *Elsevier*.
- Brown, D. C. (1998), Defining configuring, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 12(4), 301-305.
- Chen, P. P. (1976), The Entity-Relationship Model-Toward a Unified View of Data, *ACM Transactions on Database Systems*, 6, 9-36.
- Darr, T., Klein, M., and McGuinness, D. L. (1998), Special issue: Configuration design, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 12(4), 293-294.
- Duray, R. (2002), Mass customization origins: mass or custom manufacturing?, *International Journal of Operations and Production Management*, 22(3), 314-330.
- Duray, R., Ward, P. T., Glenn, M. W., and Berry, W. L. (2000), Approaches to mass customization: configurations and empirical validation, *Journal of Operations Management*, 18(6), 605-625.
- Fohn, S. M., Liau, J. S., Greef, A. R., Young, R. E., and O'Grady, P. J. (1995), Configuring computer systems through constraint-based modeling and interactive constraint satisfaction, *Computer in Industry*, 27, 3-21.
- Frank T. Piller, Kathrin Moeslein, and Christof, M. Stotko (2004), Does mass customization pay? An economic approach to evaluate customer integration, *Production Planning & Control*, 15(4).
- Halpern, M. and Brant, K. (2002), The Differences among PDM, CPC and PLM Matter, *Gartner Group*.
- Hyer, N. L., Brown, K. A., and Zimmerman, S. (1999), A sociotechnical systems approach to cell design: Case study and analysis, *Journal of Operations Management*, 17(2), 179-203.
- Jiao, J., Tseng, M. M., Ma, Q., and Zou, Y. (2000), Generic bill-of-materials and operations for high-variety product management, *Concurrent Engineering: Research and Applications*, 8(4).
- Jørgensen, K.A., Raunsbæk, T. (1998), Design of product configuration management systems, *Proceedings of the Second International Conference on Engineering Design and Automation*, Maui, Hawaii.
- Kusiak, A. and Huang, C. C. (1996), Development of modular products, *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology-Part A*, 19 (4), 523-538.
- Mittal, S. and Frayman, F. (1989), Towards a generic model of configuration tasks, *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1395-1401.
- Olsen, K. A. and Sætre (1998), Describing products as executable programs: Variant specification in customer-oriented environment, *International Journal Production Economics*, 56-57, 495-502.
- Ping Yi Chao and Tsung Te Chen (2001), Analysis of assembly through product configuration, *Computers in Industry*, 44, 189-203.
- Ryu, Y. U. (1999), A hierarchical constraint satisfaction approach to product selection for electronic shopping support, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 29(6).
- Sahin, F. (2000), Manufacturing competitiveness: different systems to achieve the same results, *Production and Inventory Management Journal*, 41(1), 56-65.
- Siddique, Z. and Rosen, D. W. (2001), On combinatorial design spaces for the configuration design of product families, *Artificial Intelligence for Engineering, Design and Manufacturing*, 15, 91-108.
- Van Veen, E. A. (1992), Modeling product structure by Generic Bills of Materials, *Elsevier*.
- Yeh, S. C. (1997), Automatic configuration design, *Master's Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Nation Sun Yet-Sen University.



정순일

울산대학교 산업공학 학사
 울산대학교 산업공학 석사
 울산대학교 산업정보경영공학 박사수료
 제론정보기술(주) 정보기획팀
 현재: 울산대학교 산업정보경영공학부 박사
 과정
 관심분야: PDM, PLM, EAI, ISP, EPI, ERP, MES,
 Production Scheduling 등



김재균

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



장길상

울산대학교 산업공학 학사
 한국과학기술원 산업공학 석사
 한국과학기술원 경영정보공학 박사
 현재: 울산대학교 경영학부 경영정보학전공
 교수
 관심분야: DB응용, ERP, e-business시스템, 생
 산정보시스템, 객체지향 개발방법
 론, CBR, 6 시그마 등