

수주생산 환경에서의 웹 기반 DFX 시스템 개발

차경호* 김재균* 황성룡**

(울산대학교 산업정보경영공학부*, 신한기계(주) 부설연구소**)

zonec@mis.ulsan.ac.kr

ABSTRACT

This paper is focused on the development of the DFX system which can support the task that designer or project teams analyse and evaluate the feasibility of the product concept quickly, and then improve the problem of the product and process design before the manufacture in the M-T-O(make-to-order) environments.

In this paper, we importantly treated three points for the effective development of the DFX system. The first, we proposed the procedure and architecture of the DFX system which fit with the M-T-O environments. The second, we designed and implemented the DFX prototype system on the WWW, in order to allow the multi-accessing and multi-processing regardless of time and position. The last, we described the benefits of the Web-based DFX system.

1. 서론

1980년대 이후부터 최근까지의 DFX(Design for X)에 관한 연구를 살펴보면, DFA(Design for Assembly)와 DFM(Design for Manufacture)에 관한 연구가 주류를 이루고 있다. 이러한 연구들은 대체로 표준 및 조립생산 환경에 속하는 자동차업계, 가전업계, 반도체업계 등을 대상으로 많이 이루어지고 있다. 그러나 복잡한 산업의 특성을 지니고 있는 조선산업과 같은 수주생산 환경에서의 DFX에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

수주생산 환경은 고객주문이 접수되는 시점에서 제품정보와 공정정보가 완전하게 결정되지 않았음에도 불구하고 실제업무가 진행되고 점차적으로 생성 및 확정되며, 설계가 완료되지 않은 상태에서 자재조달, 생산계획, 생산이 동시에 다발적으로 이루어지기 때문에, 그 어느 때보다도 동시공학의 개념이 절실하다. 따라서 설계가 완료되지 않는 상태에서의 자재계획 및 생산계획 활동이 원활히 이루어질 수 있게 하고, 설계에서 생성된 정보를 빠르고 정확하게 기업내의 다른 부문에서 용이하게 이용할 수 있게 하는 지원 시스템이 요구된다.

본 논문은 수주생산 환경의 특성을 가지는 대표적인 산업 중의 하나인 조선산업을 대상으로 이 산업에 적합한 DFX 시스템의 개발에 관한 내용을 중점적으로 다루고 있다.

본 논문에서는 웹 기반 DFX 시스템의 효과적인 개발을 위하여 다음의 세 가지 사항을 중점적으

로 취급하고 있다. 첫째, 기존 DFX 관련 연구의 고찰을 통하여 수주생산 환경에 적합한 DFX 시스템의 개발절차와 구현 아키텍처를 제시한다. 둘째, 제안된 DFX 시스템이 시·공간적 제약에 관계없이 다중의 사용자로부터의 동시 접근과 처리를 허용할 수 있도록 웹을 기반으로 DFX 시스템을 설계하고 프로토타입을 구현한다. 마지막으로 웹 기반 DFX 시스템의 구현 효과에 대해 기술한다.

2. 이론적 고찰

본 절에서는 DFX에 대한 개념 및 특징을 기술하고 기존에 발표되었던 연구들을 중심으로 다양한 DFX 기법들을 간략하게 분류한다.

DFX는 제품과 공정간의 상호관계를 분석함으로써 제품설계와 공정설계를 동시에 개선시키기 위해 나타난 철학으로, 제품개발을 위한 이상적인 환경인 동시공학을 구현하기 위한 실질적인 접근방법이다. DFX는 제품 개발에서의 품질, 비용, 사이클 타임 등을 향상시키기 위한 DFA, DFM, DFL(Design for the Life-cycle) 등의 설계 기술들을 총칭한 것이다[2].

일반적으로 DFX는 설계 의사결정을 내리는데 이용되기보다는 이미 결정된 설계 의사결정을 평가하고 그러한 설계를 개선하는데 이용이 된다.

1980년대 말부터 수십 편의 논문들이 제조환경에서의 DFX의 응용에 대한 내용으로 발표되었다. 대부분의 논문들은 매우 다양한 원리를 언급하면서 산발적으로 발표되었다. 이것은 제조환경에서 DFX의 이용을 위한 정보 요구를 알아내는데 더욱더 어렵게 만든다. 따라서 이렇게 산발적으로 발표되는 DFX에 관한 연구들을 정리할 필요가 있다.

기존의 DFX 기법들을 분류하면 크게 DFA, DFM, 그리고 DFL로 분류할 수 있다.

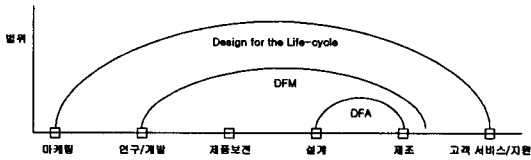
DFA는 조립을 용이하게 함으로써, 제조비를 감소시키고 부품의 품질을 개선시키기 위한 기법이다[3]. 설계자나 설계팀은 DFA 기법을 이용하여 설계 단계에서 조립의 문제점을 찾아내고 그러한 문제점을 보다 용이하게 해결할 수가 있다.

DFM은 제품 및 공정설계를 동시에 개선시키기 위한 설계 기법이다. Stoll은 DFM을 제품이 최적의 제조비용, 최적의 제조품질의 달성, 최적의 수명주기의 지원, 신뢰성, 재활용성 등을 위해 설계되도록 하는 정책, 기법, 실행 등의 전체 범위로써 정의하였다[4]. DFM은 주로 설계와 제조 시스템간의 인터페이스를 위해 이용되고 있는데, DFM의 목표는 보다 용이한 제조와 조립을 위해 제품설계에 초점을 맞추는 것이다. 또한, 기능요구와 고객요구의 적절한 조화를 보장할 수 있도록 제품설계와 공정

설계를 통합시키는 것이고, 더 나아가 비용, 품질, 그리고 생산능력을 고려하여 제조시스템을 최적화하는 것이다[5].

DFL은 제품뿐만 아니라, 시장조사, 설계, 공정, 자격요건, 신뢰성, 서비스, 유지/보수, 지원 등과 같은 사항이 완벽하게 계획된 제품의 수명을 초기 제품 개념에서부터 고려하는 접근법이다. DFL의 원리는 제품개발 과정의 각 단계에서 제품 수명주기의 고려가 유지되고 취급되는 것이다. 이것은 수명주기의 전 단계에서 기술·경제적인 사항들이 지속적으로 고려되어야 한다는 것을 의미한다. 이러한 과정에서 제품의 설계비용은 특정 성능수준을 유지할 수 있도록 고객인도 후의 지원비용과 특정 신뢰성 수준(보증 기간, 제품의 예상 수명 등)과의 비교가 더불어 이루어져야 한다.

[그림1]은 DFA와 DFM 그리고 DFL간의 개념적인 관계를 보여주고 있다. DFL은 DFA와 DFM이 고려하고 있는 부문과 함께 마케팅과 고객 서비스/지원에 해당되는 부문까지를 고려 대상으로 하고 있다[5].



[그림 1] DFX 간의 개념적인 관계

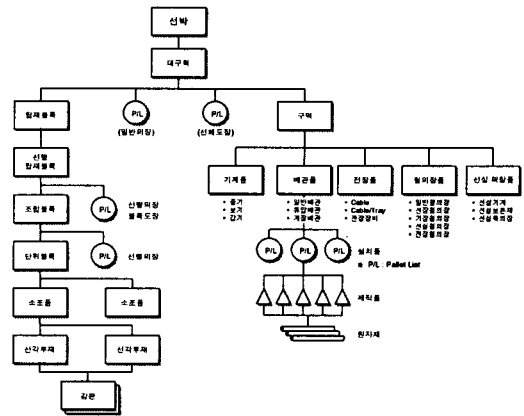
3. 수주생산 환경에서의 DFX의 필요성

수주생산 환경에서는 정보 표준화의 어려움, 다품종 소량생산, 복잡한 업무구조와 제품구조 등 이러한 환경이 가지는 고유 특성으로 인하여 DFX에 관한 연구가 상대적으로 미흡한 실정이다.

본 논문은 수주생산 환경의 특성을 가지는 대표적인 산업 중의 하나인 조선산업을 대상으로 조선산업의 전반적인 특성뿐만 아니라, 제품 및 공정의 특성을 분석하여 조선산업에 적합한 웹 기반 DFX 시스템의 개발절차와 아키텍처를 제시하고 있다.

조선산업은 다양한 설계 및 제조능력과 장기간의 건조기간을 요구하는 프로젝트 산업이다. 조선산업은 선체와 외장 등의 다양한 설계부문과 생산, 자재 등의 생산부문 그리고 많은 하청업체와 공급업체들이 연관된 매우 복잡하고 반복적인 공정을 포함하고 있으며, 설계가 완료되지 않은 상태에서 자재조달, 계획 및 생산의 동시 다발적인 수행으로 설계변경이 빈번하게 발생한다는 점이 특징이다.

조선의 선박제품은 수십만 가지의 품목으로 구성된 매우 복잡한 제품으로 크게 선체의 외형을 의미하는 선각품목과 추진, 운항, 거주구 등의 주요기관을 포함해서 기계품, 관계작품, 철의장품, 전장품 등을 통칭해서 일컫는 외장품목으로 구분된다. 선각품목은 블록이 형성되어 가는 과정을 반영하면서 업무흐름을 중심으로 구조화되는 반면에, 외장품목은 선각품목의 형성과정에 의존적이면서 블록, 구역, 대구획 등과 같은 작업장소를 중심으로 구조화된다. [그림2]는 선박에 대한 제품구조로 원자재와 중간품목으로부터 선박제품을 생산하는데 필요한 품목들간의 관계를 표현한 것이다[1].



[그림 2] 선박의 제품구조

조선산업의 제품구조는 최상위 수준의 선박과 최하위 수준의 자재, 그리고 선박과 자재 사이의 무수히 많은 중간품목으로 구성된다. 중간품목은 선각 중간재(대구획, 구역, 탑재블록, 조립블록, 단위블록, 소조품, 선각부재 등), 외장 중간재(모듈 유니트, 파이프 유니트 등), 그리고 단위 제작품(관계작품, 철의장품, 기계가공품, 목의장품, 전장품 등)으로 구분된다. 제품구조 상의 최하위에 위치하는 자재는 특정 주문 선박과 무관하게 사용되는 공용자재(common item)와 특정 주문 선박에만 사용되는 주문자재(order item)로 구분된다[1].

[표 1] 조선산업의 공정계층

공정계층	의의	조직	용도
대요건 (Main Event)	• 조선생산에서 관리하는 4개의 주요한 대요건 • W/C(생산직수), K/L(선조), L/C(선조), D/L(인도)		• 선로계획의 단위 • 장기적 지계계획
공정 (Stage)	• 작업장소의 생산흐름별로 그룹화한 작업단위 • 기공, 조립, 조립, 선형외장, 선형도장, Pre-Erection, 건조, 후행작업, 후행도장, 시운전, 인도	부서 (Department)	• 기존생산일정계획의 단위 • 중/장기 지계계획
공정 (Operation)	• 용접조립, 단위제작을 제작기관 또는 포털/설치하기 위하여 중공정을 중심으로 분할한 작업단위 • 선각의 일/2차 공정의 구분	작업팀 (work team)	• 공정계획 및 일정계획의 단위 • 단/일 지계계획
단위작업 (Sub-operation)	• 공장들 각 작업장에서 관리하는 단위로 분할한 작업단위	작업반 (work group)	• 예산 편성 및 실적 집계 계획의 단위
요소작업	• 단위물량에 대한 생산흐름공수의 관리단위 • 단위물량별 예산을 산출하기 위한 용역코드의 단위		• 예산 산출의 단위

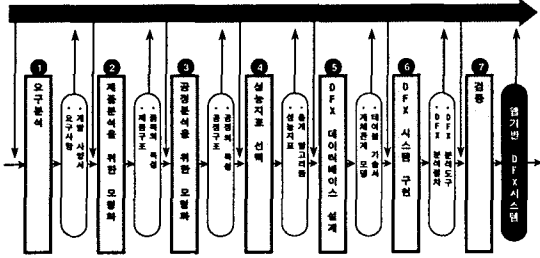
[표1]은 공정계층 상의 각 수준의 의미와 용도를 정리한 것이다. 조선산업의 공정계층은 임의의 수준에서 생산공정을 분할한 것으로서 제품의 복잡성과 관리의 용이성에 의존적이다. 조선산업은 복잡한 선박제품을 생산하기 때문에 타 산업에 비해 공정수준이 많으며, 이들 수준은 대절점, 중공정, 공정, 단위작업, 요소작업 등의 5수준으로 이루어져 있다[1].

위와 같은 특성을 갖는 조선산업에서는 무엇보다도 동시공학의 개념이 절실히 요구된다. 왜냐하면 설계가 완료되지 않은 상태에서의 자재계획 및 생산계획 활동이 원활히 이루어질 수 있어야 하고, 설계에서 생성된 정보를 빠르고 정확하게 기업내의 다른 부문에서 용이하게 이용할 수 있어야 하기 때문이다. 이를 위해서는 기업내의 다른 부문간의 연계관계를 고려한 제품 및 공정설계가 선행되어야만 한다. 그러나 조선산업은 제품에 대한 세부 사양을 정의할 수 없는 프로젝트의 초기단계에서의 정보부족으로 인해 의사결정자의 과거 공사에 대한 경험이나 지식에 의해서 의사결정이 이루어지기 때문에, 기업내의 다른 부문간의 연계관계를 고려하지 못하는 경우가 많이 발생하고 있다.

4. 웹 기반 DFX 시스템

4.1 웹 기반 DFX 시스템의 개발 절차

[그림3]은 웹 기반 DFX 시스템의 개발절차를 보여주고 있다. 모두 7단계로 구성이 되어 있다.

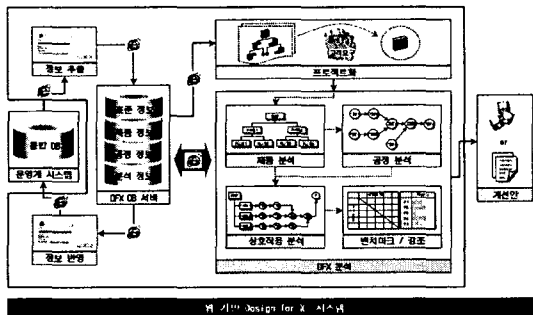


[그림 3] 웹 기반 DFX 시스템의 개발절차

웹 기반 DFX 시스템의 개발절차는 일반적인 제품 개발 프로젝트와 마찬가지로 지속적인 개선 사이클을 따르고 있다. 이것은 고객요구의 조사와 개발사양서를 세움으로써 시작된다. 제품 모형화 단계는 제품과 관련된 설계 의사결정을 표현하기 위한 제품의 구조와 특성을 정의하는 단계이고, 공정 모형화 단계는 품목과 관련된 공정의 구조와 특성을 정의하는 단계이다. 그리고 네 번째 단계는 품목과 공정간의 상호작용을 분석하기 위한 성능지표를 선택하는 단계로서, 다음 단계인 DFX 데이터베이스를 설계하는데 중요한 영향을 미친다. 마지막으로 DFX 데이터베이스 설계단계의 산출물을 이용하여 DFX 분석 도구를 개발하고 이를 검증함으로써 웹 기반 DFX 시스템이 개발된다.

4.2 웹 기반 DFX 시스템의 아키텍처

본 논문에서 제시하고 있는 웹 기반 DFX 시스템은 수주생산 환경에서의 공동의 제품개발을 지원할 수 있고 인터넷(internet)/인트라넷(intranet) 상에서 보다 용이한 DFX 분석을 제공할 수 있도록 웹 기술을 이용하고 있다.



[그림4] 웹 기반 DFX 시스템의 아키텍처

[그림4]은 수주생산 환경에서의 웹 기반 DFX 시스템의 구조를 보여주고 있다. 웹 기반 DFX 시스템은 크게 5가지 주요부문으로 구성되어 있다. 주요부문에는 정보 추출, DFX 데이터베이스, 프로젝트화, DFX 분석, 그리고 정보 반영이 있다. 부문들 간의 연계는 인터넷을 통해 이루어진다. 각 부문의 특징에 대해 살펴보면 다음과 같다.

1) 정보 추출 : 정보추출은 일상적인 운영 업무를 지원하는 운영계 시스템으로부터 DFX 분석에 요구되는 정보를 추출하여 DFX 데이터베이스로 저

장하는 프로세스이다. 정보 추출에서는 조선산업에서의 부문간 상이한 전산환경과 기능별 운영시스템에서 관리하는 데이터를 고려하면서 복잡한 변환규칙을 해소하고 처리속도를 향상시키기 위하여 각종 분석 대상정보를 선각, 의장, 도장부문으로 분류하여 DFX 데이터베이스에 저장한다.

2) DFX 데이터베이스 : DFX 데이터베이스는 DFX 분석을 위한 대상 정보가 저장되는 장소로서, 크게 4가지 정보유형으로 구분하여 관리한다. 먼저, 고객주문과 무관하게 표준으로 관리하는 표준정보, 제품구조 및 품목정보를 선각과 의장품목으로 분류하여 관리하는 제품정보, 공정구조 및 공정정보를 선각, 의장 그리고 도장공정으로 분류하여 관리하는 공정정보, 그리고 품목과 공정에 관련된 생산성 데이터를 관리하는 분석정보가 있다.

3) 프로젝트화 : 조선산업의 제품을 프로젝트라고 하는데, 프로젝트화는 제품군에 관한 정보를 담고 있는 표준정보로부터 수주 계약된 프로젝트와 유사한 표준 프로젝트를 선정하는 프로세스이다.

4) DFX 분석 : DFX 분석은 DFX 시스템에서 가장 핵심이 되는 부문으로서, 제품 및 공정설계를 분석하고 평가하기 위한 다양한 컴포넌트를 제공한다.

① 제품분석 컴포넌트 : 제품분석은 제품의 구조와 특성을 분석하는 컴포넌트이다. 웹 기반 DFX 시스템에서는 제품분석에 요구되는 제품정보의 수집과 표현을 위해 BOM(bills of material)과 품목의 특성을 이용한다. BOM은 입력과 출력을 위한 기초로 이용된다. 이러한 제품분석 컴포넌트로 BOM 편집기(edit tool)를 사용하는데, 여기에는 제품구조, 품목유형(선각, 의장), 품목번호, 품목명, 자재, 수량, 중량, 규격 등이 포함될 수 있다.

② 공정분석 컴포넌트 : 공정분석은 공정의 구조와 특성을 분석하는 컴포넌트이다. 웹 기반 DFX 시스템에서는 공정분석에 요구되는 공정정보의 수집과 표현을 위해 공정차트(process chart)와 공정의 특성을 이용한다. 공정차트는 특정 품목과 관련된 공정들의 순서를 단계적으로 특징짓는데 이용된다. 이러한 공정분석 컴포넌트로 흐름공정차트 편집기를 사용하는데, 여기에는 공정유형(선각, 의장, 도장), 공정순서, 작업방법, 장비, 작업장, 공수예산 등이 포함될 수 있다.

③ 상호작용 분석 컴포넌트 : 상호작용 분석은 품목과 공정간의 관계를 표현하고 주어진 성능지표(performance indicator)에 따라 성능을 평가함으로써 상호작용을 분석하는 컴포넌트이다. 상호작용을 분석할 경우에는 성능지표가 선택되어야 한다. 웹 기반 DFX 시스템에서는 성능 지표로서 비용과 공수를 채택하고 있고 상호작용 분석 컴포넌트로 작업공정차트(operation process chart)를 이용한다.

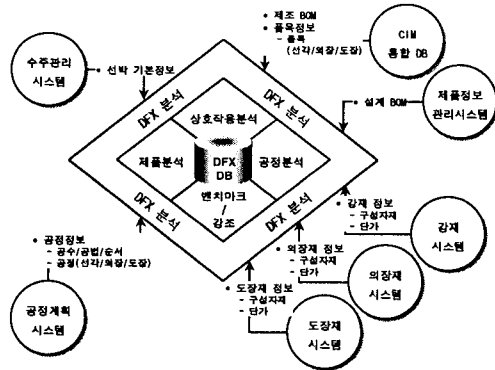
④ 벤치마크/강조 컴포넌트 : 벤치마크/강조는 대상 제품 및 공정설계의 적절성을 검토하고 제품과 공정설계에 영향을 미치는 부문을 조사하는 컴포넌트이다. 벤치마크는 제품과 공정간에 측정된 상호소비를 비교하는 것이고, 강조는 대상 제품 및 공정설계의 강점과 약점을 부각시키는 것으로서, 특정 품목과 공정이 잠재적으로 문제가 있고 주의가 필요하다는 것을 강조하는 것이다. 웹 기반 DFX 시스템에서는 벤치마크와 강조를 위해 벤치마크/강조 워크시트(work sheet)를 사용한다.

5) 정보 반영 : 정보 반영은 DFX 분석의 결과로 얻어진 각종 분석정보를 운영계 시스템의 통합 데이터베이스에 반영하는 역할을 수행한다.

5. 웹 기반 DFX 시스템의 프로토타입 개발

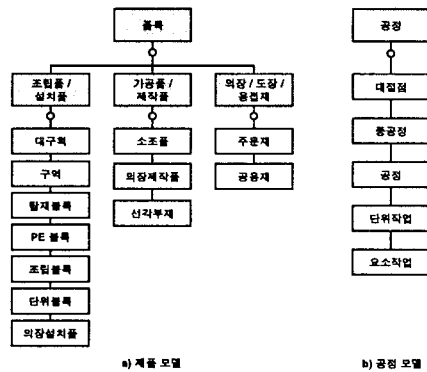
본 절에서는 제시된 웹 기반 DFX 시스템의 개발절차와 구현 아키텍처를 바탕으로 수주생산 환경의 특성을 갖는 조선산업에 대해 웹 기반 DFX 시스템의 프로토타입을 개발한다.

DFX 시스템은 사용자 요구와 현행 시스템 분석을 통한 개발사양서를 세움으로써 시작된다. [그림 5]는 DFX 시스템의 구축에 필요한 데이터를 결정하기 위해 조선의 운영계 시스템에서 관리되는 정보를 나타낸 것이다.



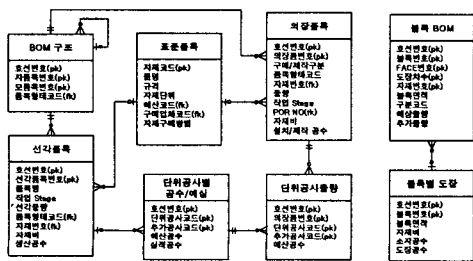
[그림 5] 운영계 시스템과의 정보흐름

제품 및 공정 모형화는 대상 제품과 관련 공정을 정의하는 단계로서 조선산업의 제품 및 공정은 [그림 6]과 같이 모형화가 된다.



[그림 6] 제품 및 공정 모형화

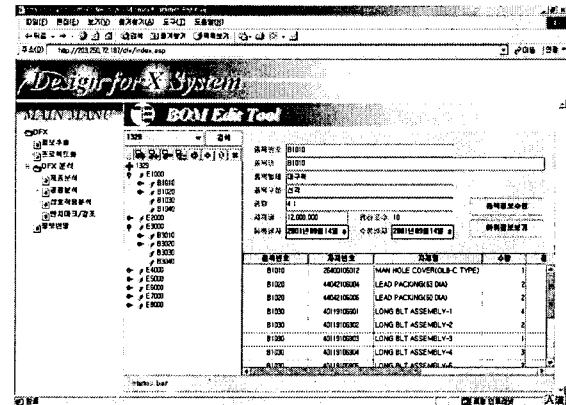
성능지표의 선택에서 자재비는 실제 생산에 사용된 자재물량에 EA, SET, BOX, KG 등의 자재 단위당 단가를 곱하여 산출하고, 생산공수는 공정 관리시스템의 제품구조 상의 특정 품목 생산에 소요되는 단위작업별 생산실적으로부터 산출된다.



[그림 7] DFX 시스템 개체관계 모델

DFX 데이터베이스 설계는 요구사항 분석 및 제품 및 공정 모형화를 바탕으로 논리적인 설계를 수행하는 단계이다. 제품 및 공정을 분석하기 위해 [그림 7]과 같은 개체관계 모델이 표현될 수 있다.

DFX 시스템의 구현은 설계단계의 산출물을 이용하여 물리적 데이터베이스 스키마를 생성시키고, DFX 분석 도구를 개발함으로써 이루어진다. [그림 8]은 개발된 웹 기반 DFX 시스템의 제품분석 화면을 보여주고 있다.



[그림 8] 웹 기반 DFX 시스템 구현화면

6. 결론

본 논문에서는 수주생산 환경에서의 DFX시스템의 개발에 관한 내용을 다루었다. 기존 DFX 관련 연구를 통해 수주생산 환경에 적합한 DFX 시스템의 개발절차 및 아키텍처를 제시하였고, 제안된 DFX 시스템이 웹을 기반으로 운영될 수 있도록 설계하였으며, 그 프로토타입을 개발하였다.

웹 기반 DFX 시스템은 제품분석을 통하여 제품정보관리 시스템에 공정을 고려한 제품 구성에 대한 정확한 자료를 제공할 수 있다. 또한, 제품과 공정간의 상호분석을 통하여 원활한 공정계획 및 일정계획이 이루어질 수 있도록 지원할 수 있다.

참고문헌

- [1] 황성룡, "수주 및 설계생산 환경에서의 CIM 시스템을 위한 BOM과 라우팅의 통합", *울산대학교*, 박사학위논문, 1999.
- [2] Huang, G.Q., Mak, K.L., DFX: A generic framework for developing design for X tools, *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 13, No. 3, pp. 271-280, 1997
- [3] Robet, P.S., Teaching Design for Assembly using Product Disassembly, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 41, pp. 50-53, 1998
- [4] Kuo, T.C., Zhang, H.C., Design for Manufacturability and Design for "X": Concepts, Applications, and Perspectives, *IEEE/CPMT*, pp. 446-, 1998
- [5] Huang, G.Q., Design for X: Concurrent engineering imperatives, *Chapman & Hall*, October, 1996.