

## UML을 이용한 컴포넌트 기반의 DFM을 위한 제조정보 시스템의 개발

### - A Component-Based Manufacturing Information Systems for DFM Using UML -

김진대 \*

Kim Jin dae

이홍희 \*\*

Lee Hong hee

#### Abstract

Manufacturing firms have adapted seriously the Design for Manufacture and Assembly(DFMA) techniques which consider concurrently all factors related to the product development by using effective communications and sharing of information on product development processes. This study performed modelling and characterizing the data related to product manufacturing information for Design for Manufacture(DFM) evaluation and analysis. It adapted component-based development method for communicating and managing manufacturing information among distributed manufacturing organizations. Introducing component-based development offers safety and speed to network based system. This development using Unified Modelling Language(UML) provides efficient way for reconstruction and distribution of applications. Also, the integration of database and component into the internet environment enables to communicate and manage effectively manufacturing information for DFM evaluation and analysis at any place in the world. Therefore this system can make it more reasonable that evaluating, analyzing, and effective decision making of product design using DFM technique.

**Key-word** : Manufacturing information, DFM, UML

---

\* 인하대학교 대학원 산업공학과 졸업

\*\* 인하대학교 기계공학부 산업공학전공 부교수

## 1. 서론

현 제조업의 상황은 갈수록 시장이 전 세계를 대상으로 넓어지고, 그 생산 조직 또한 세계 전역으로 퍼지면서 지리적, 공간적으로 멀리 떨어져있는 생산조직과 설계조직간의 신속하고, 안정적인 제조공정 전반에 걸친 정보의 교환이 제품의 개발시간을 단축시키고, 비용을 절감함으로써 경쟁력 있는 제품을 생산하는데 있어서 중요한 요소로 인식되고 있다. 최근 컴퓨팅 환경 및 인터넷의 발전에 따라 생산업체들은 필요한 정보를 손쉽게 주고받을 수 있게 되었으며, 더 나아가 이들이 가상 세계 속에 가상의 회사를 설립하거나, 다양한 수요에 적합한 다양한 모델의 제품을 설계함에 있어서 분산되어진 다수의 공장과 외주생산업체들로부터 신속하고 정확하게 제품 제조에 관련되어진 정보를 전달받음으로써 효율적이고 신속한 제품설계와 평가가 가능한 분산 제조정보 시스템도 구현할 수 있게 되었다. 이러한 분산 제조정보 시스템은 인터넷상에서 제품생산 전반에 관련되어진 제조정보를 관리함으로써 구현할 수 있다. 시스템은 방대한 제조관련 정보를 인터넷상에서 신속하게 처리하여야 하고 여러 가지 환경의 변화에 유연하게 대처 가능해야 한다. 본 연구에서는 이러한 기업이 처한 환경에 대처하기 위하여 동시공학의 패러다임아래 설계단계에서 제품의 제조를 고려하여 제품원가 및 제조시간에 영향을 미치는 요소를 더욱 확대하여 제품을 설계하고 이를 평가하고자 하는 DFM(Design For Manufacture) 방법론의 중요성을 인식하고, 실제로 현업에서 DFM 평가를 수행함에 있어서 핵심을 이루는 제품 제조관련 정보를 효율적으로 제공 및 관리하는 방법을 제시하고자 하며, 그 방법으로서 현재 기업들의 제조환경이 지리적 공간적으로 떨어져 있는 점을 고려하여 분산 생산시스템에서 필요한 정보의 신속한 처리 및 시스템의 유연성 확보를 위해 분산객체 기술을 도입해 보고자 한다.[2][3]

DFM을 통해서는 제품의 초기 설계 단계에서 가공 할 부품들에 대하여 소요되는 가공시간 및 가공비용과 같은 정량화 되어진 평가기준을 추정할 수 있고, 작업과 공정 계획을 수정하는데 사용할 수 있으며, 비용의 절감 또는 비용의 추정 그리고 상세 설계 후의 제조계획에 대하여 적용할 수 있으며 제품설계의 대체 안에 대한 효과적인 의사결정이 가능하다. 이렇게 설계단계에서 DFM을 적용하기 위해서는 실제 제조현장의 공작기계 및 작업환경 등 실제 제조에 관련된 많은 정보가 필요하며, 이러한 정보는 제조환경의 변화에 따라 수시로 변하므로 이러한 정보들이 교환 및 관리가 유연성 있고 신속하게 이루어져야 한다. 본 연구의 목적은 기업의 생산 조직 및 외주업체가 분산되어 있는 환경에서 인터넷을 통하여 DFM을 위한 제조정보 시스템을 컴포넌트기반시스템 모델링에 효과적인 객체지향 모델링언어인 UML로 제조정보시스템을 설계하고, 3-tier 분산객체모델을 이용하여 컴포넌트기반시스템을 구축하는데 있다. 이를 위해 제조정보시스템의 기능이 되는 공작기계에 관련된 정보 가운데 DFM 분석에서 요구되는 제조관련 데이터 즉, 기계가공공정의 가공시간 및 작업비용을 측정하기 위한 관련데이터들을 효과적으로 표현하고, 데이터베이스화하기 위해서 선정되어진 데이터를 모델링 한다. 본 연구에서는 실제 생산현장의 대표적인 공작기계와 기계가공에 대하여 DFM에 필요한 부분을 모델링 한다. 분산환경 시스템구축을 위해서 객체지향모델링 언어인 UML

을 통하여 DFM을 위한 제조정보시스템을 설계한다. 제조정보 시스템이 인터넷에서 효과적으로 구현되기 위한 환경을 구축하기 위하여 컴포넌트기반모델을 적용한다.[4]

## 1.1 DFM

제품의 다양화, 복잡성을 추구해 가는 과정에서 제품생산의 기존의 순차적 방법에서는 설계 후 공정에서의 잦은 피드백이 요구되었고 제품개발기간의 지연을 초래하게 되었다. 그래서 제품개발단계에서 디자인, 설계, 생산, 영업 등 여러 부분의 의견을 한데 모아 신속하고 효율적으로 대처하기 위해 동시공학(Concurrent Engineering)의 개념이 대두되기 시작하였다. DFMA(Design For Manufacture and Assembly)는 제품의 조립성평가 즉 DFA(Design For Assembly)로부터 시작되었다. 조립자동화를 위한 제품설계단계에서 제품경쟁력을 강화하기 위해 원가의 중요성이 인식되었으며, 기존제품의 최종비용을 분석한 결과 70% 이상의 비용이 설계단계에서 결정된다는 사실이 확인되어 설계단계의 중요성이 더욱 강조되게 되었다. 따라서 설계단계에서 제품원가에 영향을 미치는 요소를 더욱 확대하여 조립, 제조를 고려하는 DFA, DFM 등의 개념 및 방법론이 등장하였고, 현재는 DFX라는 표현도 사용되고 있다. DFMA란 제품의 조립을 쉽게 또는 제품을 구성하고 있는 부품들의 가공을 쉽게 하기 위한 설계이며, 이를 위하여 설계단계에서 설계내용을 체계적으로 분석하고, 그 결과를 정량화 하여 객관적으로 평가할 수 있도록 설계에서 제조 및 조립에 관한 정보를 도입한 것을 의미한다. 현재 DFMA는 A/S 및 환경 영향성을 고려한 설계인 DFS(Design For Service), DFE(Design For Environment)까지 확장되고 있으며, 이를 통하여 DFMA는 신제품 개발기간의 단축, 원가절감, 품질향상, 신뢰성향상, 조립/가공시간의 단축, 부품 수 감소, 원가절감(부품비용, 조립/가공비용, A/S비용, 자원재활용), 간접비용의 절감, 팀워크의 형성, A/S 향상, 환경 영향성 분석 및 폐자원의 효과적 활용과 역할을 수행할 수 있을 것이다.

설계단계에서 가공이 쉽고, 비용을 최소화할 수 있는 방법으로 설계하기 위해서는 선정된 가공방법에 대한 공정분석이 필요하며 분석결과인 가공시간, 가공비용 등의 정보가 DFA의 조립과정분석에 반영되어 제작원가를 예측할 수 있도록 하는 것이 DFM이다. DFM의 기본 기능은 DFA 분석과정에서 가공품의 제작비용과 제작시간을 예측하여 사용할 수 있는 정보를 제공하는 데 있으며, 원가산정 기능, 각종 가공방법에 대한 제작성분석기능 및 그 평가척도를 제공한다. 따라서 위와 같은 분석을 하려면 가공품의 형상, 치수, 소재 등의 정보가 필요하며, 객관적 평가척도인 가공성 평가는 가공시간, 가공비용, 제작원가로 나타난다. 이들을 계산하기 위해서는 정확한 공작기계 및 생산현장에 대한 여러 가지 정보가 있어야 한다.

## 1.2 DFM을 위한 인터넷기반제조정보시스템과 UML

인터넷을 기반으로 하여 설계조직과 지역적으로 떨어져 있는 다수의 생산조직 및 외주업체가 DFM 적용에 필요한 제조정보를 설계조직에 효과적으로 전달하고 관리함으로써 DFM 시스템을 통한 설계평가 및 분석작업의 효과를 극대화시키고자 하는 것이 DFM을 위한 인터넷 기반의 제조정보 시스템이다. 즉, 지역적으로 떨어져있는 생산조직의 담당자와 외주업체

의 생산 담당자가 설계 담당자가 DFM 시스템을 통해 설계의 평가 및 분석을 수행할 때 마치 한 장소에서 수행하는 것과 같은 효율성을 제공하기 위하여 시스템적 지원을 수행하는 것이다. DFM을 위한 제조관련 정보에는 생산조직에서 제품제조에 관련된 공작기계, 가공 및 기타 생산현장관련 정보로 구성되며, 공작기계에 관한 기초정보로서 작업자당 운전기계 수, 동시가공 부품 수, 설비변동비용, 설비고정비용, 작업자 임율, 유효출력 등이 있고, 주요 가공공정의 정보로서 가공공정별로 공구와 재료에 따라 절삭속도 및 이송거리 등의 정보가 있다. 이러한 정보들의 교환은 크게 설계조직내의 DFM 시스템 사용자와 생산조직내의 담당자, DFM 시스템 사용자와 외주생산업체의 담당자 사이에 이루어지며, 관련정보들은 항상 DFM 시스템 적용에 알맞게 일관되게 전달되어야 하고, 따라서 하나의 데이터베이스로 통합하여 관리하는 것이 필수적이다.

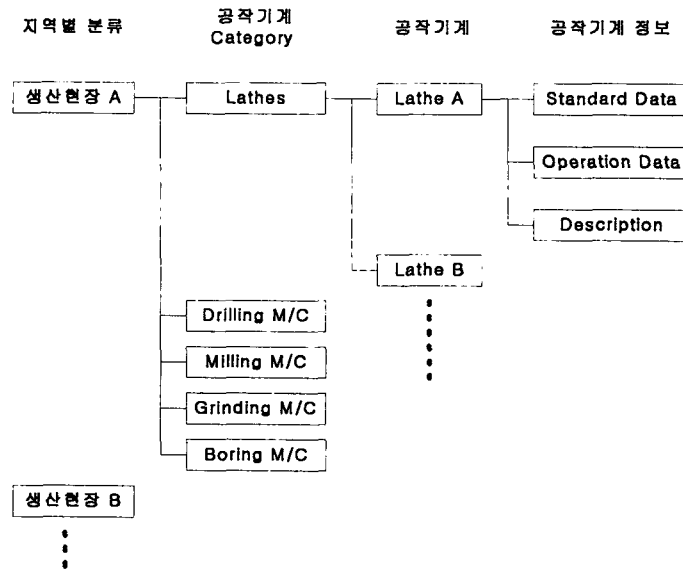
UML(Unified Modelling Language)은 소프트웨어 시스템이나 업무 모델링, 그리고 기타의 비 소프트웨어 시스템을 나타내는 가공물을 구체화하고, 시각화하고, 구축하고, 문서화하기 위해 만들어진 언어로써, 전사적 차원의 업무 모델링 이나 대규모의 복잡한 분산 시스템 모델링, 정보 시스템 모델링 등을 시각적으로 구체화하고, 구축하는 객체지향 모델링 언어로서, 내부적으로는 ER diagram의 데이터 모델링 개념, Work flow의 Business M,elling, Object Modelling, Component Modelling의 통합이라고 볼 수 있다. UML의 구성은 다음과 같다: Use Case 분석, Sequence Diagram, Collaboration Diagram, Class Diagram, Activity Diagram. UML은 Use Case 분석 → Sequence Diagram → Class Diagram → Activity Diagram → 프로그래밍 과정을 거친다.

## 2. DFM을 위한 제조정보 데이터 모델링

DFM 분석을 통한 최종산출물은 제품설계에 따라 제품을 가공했을 때의 제품 가공에 소요되는 기계 가공시간과 작업에 소요되는 비용이다. 이러한 기계 가공시간과 비용을 분석함으로써 제품설계에 대한 평가가 이루어지며, 아울러 상세 설계 후의 제품제조 계획에 대해서도 사용될 수 있다. 기계 가공시간은 각각의 기계 가공공정에 대하여 최소비용 달성을 위한 가공시간과 유용 가능한 동력에 의해 절삭 속도가 제한되는 경우의 가공시간으로 구분되어 질 수 있다. 이 두 가지 경우의 기계 가공시간을 계산하기 위하여 가장 기본이 되는 machining data는 이송거리와 절삭속도의 곱으로 표현된다. 여러 종류의 공작기계에서 수행 가능한 여러 공정에 대하여 가공시간과 가공비용은 이들 절삭조건을 이용하여 계산될 수 있다. 기계 가공시간의 결과를 통한 제품가공의 단위시간 작업비용은 작업시간에 단위시간 실질작업비를 곱해 계산된다. [1][5]

제조정보는 DFM 평가에 적합한 형식으로 표현된다. 공작기계는 먼저 해당 공작기계 위치한 생산현장에 따라 분류되어지고, 다시 선반, 밀링머신, 드릴링머신 등과 같이 일반 분류가 되어진다. 이렇게 분류되어진 각 공작기계에 대하여 공작기계 및 생산현장에 관련되어진 제조관련 기초정보, 기계에서 수행 가능한 가공공정에 대한 정보, 그리고 일반정보로 다시 분류되어진다. 여기서 기계에서 수행 가능한 가공공정에 대한 정보는 수행 가능한 가공별, 가공재료의 특징별, 그리고 공구별로 다시 분류하여 그 정보를 표시한다.

공작기계의 기초정보는 공작기계를 통한 실제 가공공정 이외의 기초적인 정보와 공작기계와 관련되어진 생산현장의 정보로 구성된다. 주로 시간당 작업비용의 평가를 위하여 사용되는 정보로 구성되어 있으며, 이는 생산현장의 환경의 변화에 따라 유동적으로 변하게 되어지는 정보이기도 하다. 공작기계의 가공정보는 해당공작기계에서 실제로 수행 가능한 기계 가공에 대하여 관련되어진 공작기계정보를 제공하며, 이러한 정보는 각각의 수행 가능한 기계가공에 대하여 가공대상의 재료별로 분류하고 이를 다시 공구재료별로 분류하여 각각의 절삭속도, 이송거리, 공구수명, 그리고 단위체적 당 소요동력의 정보를 제공하게 된다. 이러한 공작기계의 가공정보는 DFM 평가에 있어서 가공시간의 분석에 주로 사용되어지는 정보로 구성된다.[7][8][9][10] <그림 1>에 이들 정보의 구조가 도시되어 있다.



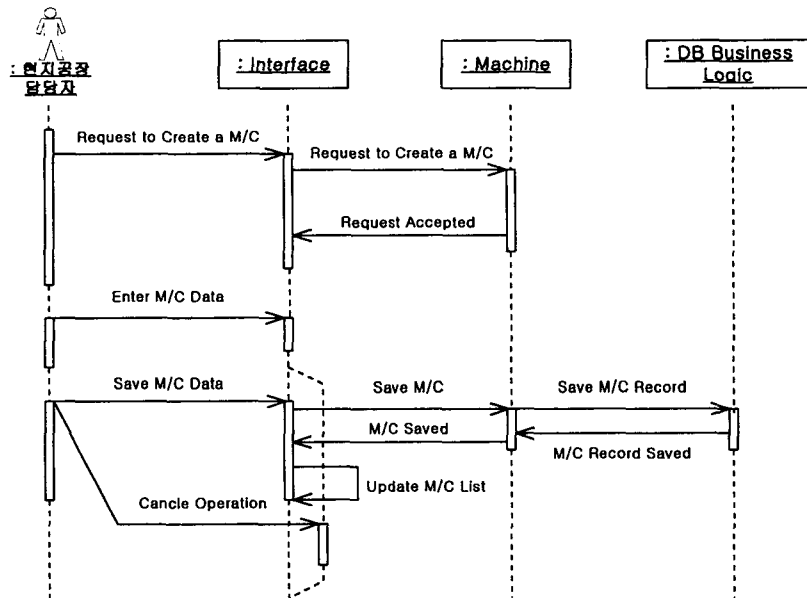
<그림 1. 제조정보의 구조>

### 3. UML과 분산객체를 이용한 DFM을 위한 제조정보시스템

시스템 설계의 첫 과정은 실제적인 시스템 사용자의 요구를 분석하는 Use Case 분석이다. 이러한 사용자를 UML 언어에서는 Actor라고 부르며, Actor는 시스템의 일부가 아니며, 시스템 외부에 있는 것이다. 즉 시스템과 상호 작용해야 하는 것이다. DFM을 위한 제조정보 시스템에서의 사용자 즉 Actor는 만약 국내에 본사와 설계조직을 두고 실제적인 제품의 생산은 해외에 위치한 생산공장에서 생산하는 경우를 예로 든다면 해외 생산공장의 생산 담당자 또는 공작기계 담당자가 될 것이다. 이뿐만 아니라 외주업체를 예로 든다면 외주업체의 생산 담당자나 공작기계 담당자가 될 것이다. 이러한 시스템 사용자는 DFM을 위한 제조정보 시스템에 정보를 입력, 즉 정보의 등록, 변경, 삭제와 같은 작업을 할 수 있고 또한 시스템으로부터 정보를 얻을 수 있다. 즉 정보의 관리가 가능하다.

실제로 시스템 설계를 위한 사용자 요구분석은 실제적인 시스템 사용자와 면담이나 설문을 통하여 사용자 요구 분석이 이루어져야 하나 본 논문에서는 DFM을 위한 제조정보의 제공측면에서 생산조직의 관련 담당자나 외주 업체의 관련 담당자와 같은 입장에서 그 사용자 요구 분석을 실시하였고 대표적인 사용자 요구사항인 신규공작기계의 생성, 공작기계 및 공작기계 정보의 변경과 조회, 그리고 공작기계의 삭제에 대한 Use Case 분석을 하였다.

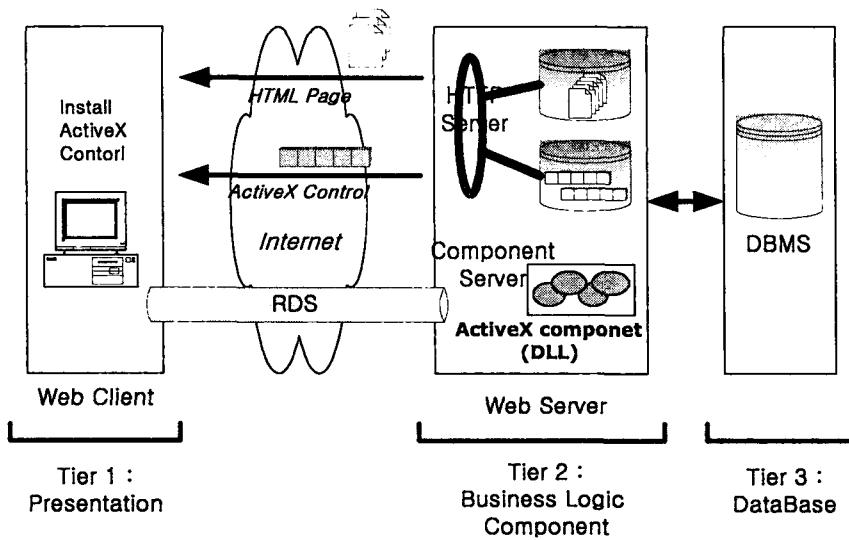
DFM을 위한 제조정보 시스템의 사용자 요구분석을 바탕으로 하여 UML의 Interaction 다이어그램 중의 하나인 Sequence 다이어그램을 설계 할 수 있다. 이러한 Sequence 다이어그램을 설계함으로써 시간이 지남에 따라 상호 작용하는 사용자나 개체나 컴포넌트들을 다이어그램에 포함 할 수 있고, 이들간에 전달되어지는 메시지를 확인 할 수 있다. 신규 공작기계 생성에 있어서 사용자 개체 즉, 현지 공장의 생산 담당자와 공작기계개체 그리고 이 둘이 상호작용 할 수 있도록 인터페이스 개체가 있다. 이 인터페이스 개체는 본 논문에서 인터넷을 통한 DFM 제조정보 시스템의 구축에 맞게 웹 브라우저에서 볼 수 있는 ActiveX 컨트롤이 된다. 그리고 마지막으로 DB Business Logic 개체가 있다. 이러한 개체들 사이에서 시간의 경과에 따라 메시지의 전달을 나타낸 신규 공작기계 생성 Sequence 다이어그램은 아래의 <그림 2>와 같다. 공작기계 정보의 변경과 조회 Sequence Diagram과 공작기계 삭제 Sequence Diagram도 유사한 방법으로 만들어 진다.



<그림 2. 신규 공작기계 생성 Sequence Diagram>

네트워크를 이용하여 시스템을 개발하는 데 있어 가장 장애가 되는 것은 개개의 컴포넌트들을 변경, 배포, 관리하는 문제이다. DFM을 위한 제조정보 시스템의 인터페이스의 변경이 일어났을 때 전 세계를 대상으로 분산되어 있는 생산조직, 외주생산업체를 대상으로 이러한

컴포넌트의 변경을 동시에 이루는 것은 쉬운 일이 아니다. 이러한 컴포넌트 배포, 관리 문제를 해결하기 위해 등장한 것이 COM+이고, 본 연구에서는 제조정보 시스템에 관련된 비즈니스 로직 컴포넌트를 COM+ 아키텍처를 따르는 ActiveX 컴포넌트로 구현하였다. 본 시스템은 3-tier로 구성되어 있으며, 이를 세 부분으로 나누면 데이터베이스 계층, 비즈니스 로직 컴포넌트 계층, 프리젠테이션 계층으로 나누어진다. 다음의 <그림 3>에서 각 계층간의 연결 모습을 보여주고 있다.



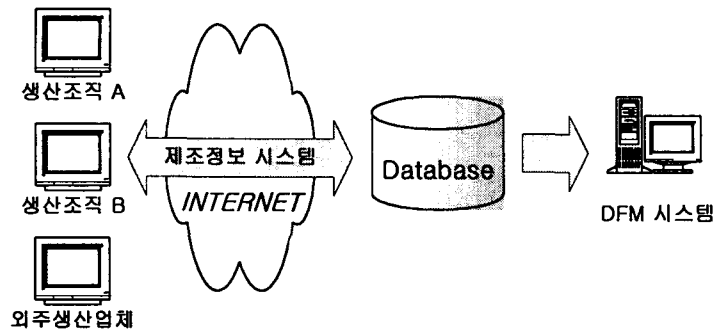
<그림 3. 시스템 계층간의 연결>

#### 4. DFM을 위한 제조정보 시스템 구현 및 분석 예

시스템 구현을 위해 시스템 초기화(시스템 로그인 및 공작기계 등록 및 삭제), 공작기계 기초정보 관리, 공작기계 가공정보 관리, 공작기계 추가등록 등을 다루기 위한 기능들이 만들어졌다. 개발된 시스템은 어느 곳에서나 인터넷을 통하여 웹 브라우저만으로도 DFM을 위한 제조정보 관리 작업을 수행 할 수 있게 구현되었다. 이는 인터넷의 급속한 보급으로 대부분의 사용자가 인터넷에 익숙하며, 사용에 있어서 친숙한 웹 브라우저를 통해 제조정보 관리 작업의 수행을 가능하게 함으로써 편리하고 효율적으로 작업을 수행 할 수 있게 하였으며, DFM 평가를 위하여 사용되어지는 제조정보만을 효율적으로 제공할 수 있도록 구현하였다.

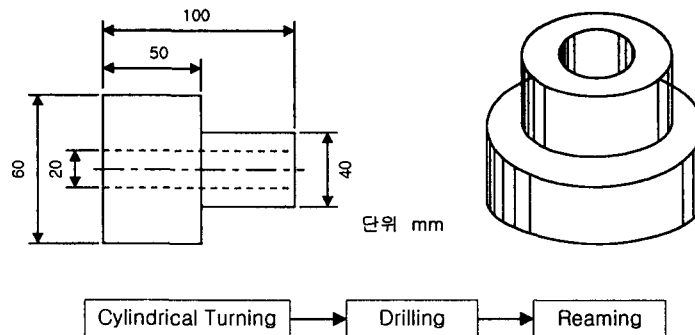
여기에서는 본 연구에서 구현한 DFM을 위한 제조정보 시스템을 통하여 생산조직으로부터 제공받고 관리되어지는 제조관련 정보들이 실제로 DFM 시스템을 통하여 제품 설계 평가 작업을 수행 시에 그 정보가 어떻게 활용되어지는 지에 대하여 간단한 예를 들어 설명한 한다. 생산조직과 외주생산업체는 인터넷 기반의 제조정보 시스템을 통하여 현지의 DFM 분석에 필요한 제조관련 정보를 데이터베이스에 전달하게 되고, 설계조직의 DFM 시스템은 이 데이터베이스에서 정보를 읽어들이어 DFM 분석을 실시하게 된다. 이와 같은 개념은 아래의 <

그림 4>과 같다.



<그림 4. 제조정보 시스템을 통한 DFM분석의 개념>

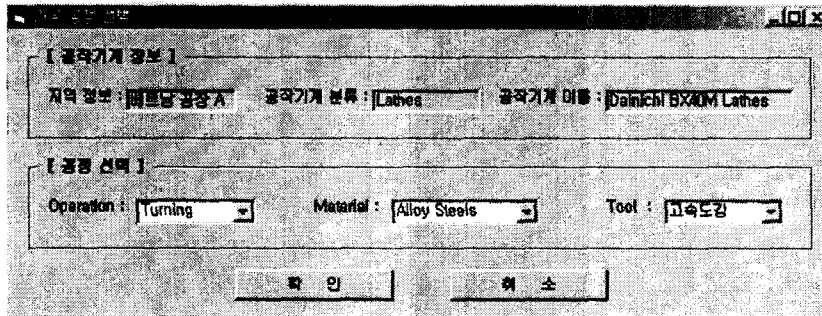
DFM 분석을 적용할 대상이 되는 공작물의 재료는 합금강이며, 그 형상 및 대략적인 설계도면과 가공 공정은 다음의 <그림 5>와 같다. 이번의 적용 예에서는 제조 공정에 있어서 간략한 가공 공정만을 고려하기로 한다.



<그림 5. 가공형상 및 공정의 표현>

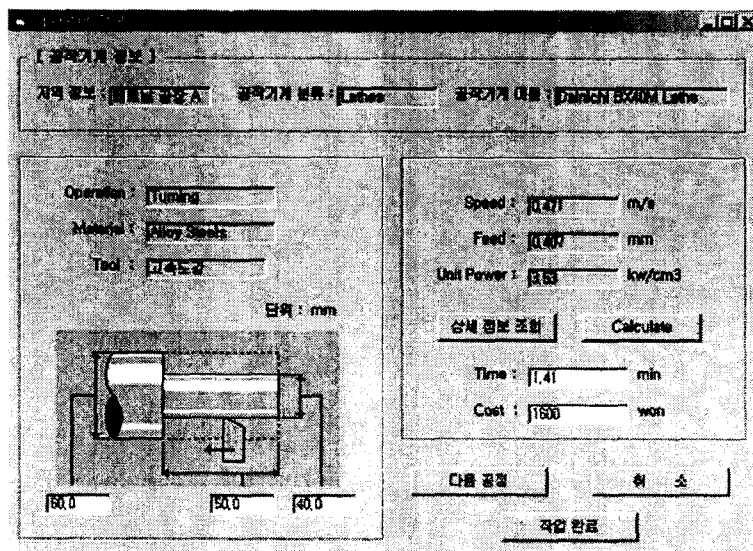
먼저 가공되어질 공작물의 재료, 기초형상, 경도 및 가공 전 공작물 외곽치수 등 공작물의 정보를 등록한다. 다음, 공작물의 가공을 담당할 지역의 생산공장을 선택한 뒤에 공작기계의 분류를 거쳐 구체적인 공작기계를 아래의 선정한다. 이와 같은 지역정보, 그에 따른 공작기계 관련 정보는 제조정보 시스템으로부터 제공받은 정보를 데이터베이스로부터 읽어 들이게 된다. 선택한 공작기계를 통해 수행 할 가공공정을 선택한다. 첫 번째 가공 공정으로 <그림 6>과 같이 선삭을 선택하고 공작물의 재료인 합금강과 공구를 각각 선정한다.





<그림 6. 가공공정 선택>

가공 공정별로 설계에 따른 가공치수만을 등록해 가면서 DFM 분석을 수행한다. 이러한 분석과정에서 가공시간과 단위작업 시간당 비용의 분석에 필요한 정보는 제조정보 시스템으로부터 데이터베이스에 제공되어진 정보를 읽어 들임으로써 얻을 수 있다. 다음의 <그림 7>은 각각 선택의 가공공정에 대한 DFM 분석 수행과정만을 예로 보여주고 있으며, 그 다음으로 공작기계의 교환과 공정의 교환 그리고 공구의 교환에 관해서도 분석한다..



<그림 7. 선택(turning) 가공>

## 5. 결론

본 연구에서는 제품제조과정을 고려하여 기계가공시간과 작업시간당 비용과 같은 인자로써 제품설계를 평가 및 분석하는 기존의 DFM 시스템이 실제로 그 적용에 있어서 핵심적으로 사용되는 제조관련정보가 DFM시스템의 사용자에게 의하여 관리되어지는 부적절함을 극복하여, 신속하고 정확하게 제조정보를 제공 및 관리 할 수 있는 방법을 제시하였다. 이것을 가능하게 하기 위하여 본 연구에서는 인터넷환경의 발전에 맞추어 컴포넌트 기반의 DFM을 위한 제조정보 시스템을 구현하였다. 본 연구에서 제시된 DFM을 위한 제조정보시스템을 사용하면 각각의 비즈니스로직을 이진 컴포넌트로 만들어 처리속도 향상이 가능하고, 각 컴포넌트를 서버에 분산배치하는 방법을 적용하여 서버에 걸리는 부하를 분산시켜 정보처리 효율을 높임으로써 안정적인 서버의 운영이 가능해진다. 또한 시스템의 클라이언트 역시 웹브라우저에 삽입된 ActiveX 컴포넌트를 사용하기 때문에 제조정보를 제공 및 관리를 수행할 별도의 응용 프로그램 없이 웹 브라우저를 통해 간편하고 효과적으로 어느 곳에서나 접근이 가능하게 되어, 전 세계를 대상으로 광범위하게 퍼져있는 생산조직과 외주생산업체로부터 DFM 평가 및 분석에 필요한 제조정보를 신속하고 정확하게 제공받을 수 있을 것이다. 특히 본 연구에서는 최근에 OMG에 의하여 산업표준으로 인정받았으며 복잡한 컴포넌트 기반 시스템 모델링이나 정보 시스템 모델링 등을 시각적으로 구체화하고, 구축하는 객체지향모델링 언어인 UML을 통하여 시스템을 설계하였다. 그리고 컴포넌트기반시스템의 구현에 있어서는 DCOM의 차기 아키텍처인 COM+ 와 보안과 다이나믹 로드밸런싱의 문제를 해결하기 위한 RDS 기술을 적용하였다.

## 6. 참고 문헌

- [1] 김동원, 기계공작법, 청문각, 1996
- [2] A. M. Daabub and H. S. Abdalla, "A Computer-based Intelligent System for Design for Assembly", *Computer & Industrial Engineering*, Vol. 37, 1999, pp. 111~114
- [3] G. Boothroyd, P. Dewhurst and W. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*, Marcel Dekker, 1994
- [4] G. Q. Hunag and K. L. Mark, "Design for Manufacture and Assembly on the Internet", *Computers in Industry*, Vol. 38, 1999, pp. 17~30
- [5] J. Mo, J. Cai, Z. Zhang, and Z. Lu, "DFA-oriented Assembly Relation Modelling", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 12, No. 3, 1999, pp. 238~250
- [6] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, McGraw-Hill, 1995
- [7] M. J. Shaw, "Information-Based Manufacturing with the Web", *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 12, No. 2/3, 2000, pp. 115~129
- [8] M. Helander and M. Nagamachi, *Design for Manufacturability A System Approach to*

- Concurrent Engineering and Ergonomics, Taylor & Francis, 1992
- [9] T. C. Chang and R. A. Wysk, Computer-Aided Manufacturing, Prentice Hall, 1997
- [10] U. Rembold, B. O. Nnaji, and A. Storr, Computer Integrated Manufacturing And Engineering, Addison-Wesley, 1996
- [11] U. Roy and S. S. Kodkani, "Product Modeling within the Framework of the World Wide Web", IIE Transactions, Vol. 31, 1999, pp. 667~677
- [12] Y. M. Chen and Y. T. Hsiao, "A Collaborative Data Management Framework for Concurrent Product and Process Development", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 10, No. 6, 1997, pp. 446~469

### 저 자 소 개

김 진 대 : 인하대학교 산업공학과에서 학사, 동 대학원에서 석사를 취득하였다.  
관심분야는 정보시스템과 생산공학이다.

이 흥 회 : 인하대학교 기계공학부 산업공학전공 부교수.  
관심분야는 CIM, CAPP, 정보기술의 생산공학 응용.