

3차원 CAD 시스템을 이용한 설계환경 구축 및 설계자동화에 대한 연구

김영일*, 전차수**

A Study on Construction of Design Environment and Design Automation Using 3D CAD System

Yeoung-IL Kim* and Cha-Soo Jun**

ABSTRACT

In order to survive worldwide competition, today's industries are experiencing strong pressure to introduce higher quality products with lower cost and shorter lead-time. Therefore, the role of design in the process of product development is increasing in significance. In this research, two methods for improving the design capability are proposed: construction of design environment and design automation using 3D CAD system. The designers and design process are the core of product design using 3D CAD system. In order to maximize the design performance, construction of the design environment including selection of a suitable system, designer training for best use of the system, establishment of an efficient design process, and stabilization of the environment are required. A method is suggested to construct design environment by systematizing the contents of the projects and consulting experiences carried out for various categories of business such as electronic devices, motorcycles, electricity parts, sanitary wares, injection molds, and die casing molds. Design automation helps reduce tedious and time-consuming jobs, simplify complicated and error-prone modeling and drawing works to shorten the lead time and improve the product quality. To develop a design automation system, understanding the process and the related knowledge on design are very important before implementing the system using API provided by 3D CAD system. In this research, an eight-step procedure is proposed for the development of a design automation system. These eight steps are analysis of needs, determination of specification, verification of specification using 3D CAD system, inspection of related API functions, programming, field test, application in practice, and maintenance. A case study in which five design automation systems in the design of turbine generators using the proposed method is introduced in detail. These systems play important roles in the generation of various output items including 3D models, drafts, material information, and NC data. The case study shows how effectively the design time is reduced and the quality improved using those systems.

Key words : 3D CAD System, Design Environment, Design Automation

1. 서 론

제러미 리프킨은 그의 저서 노동의 종말¹⁾에서 고도로 발달된 산업기술로 인해 노동이 거의 필요없는 시대가 도래할 수 있다는 취지에서 “향후 30년 이내

에 세계 전체 수요에 필요한 모든 재화를 생산하는데 있어서 현재 노동력의 단지 2퍼센트만 필요하게 될 것이다”라고 했다. 이것은 현재 제조업을 중심으로 한, 제품의 개발 및 생산이 매우 빨리 진행되고 있다는 의미로 해석될 수 있으며, 또한 글로벌 경쟁 환경 하에서 생존하기 위한 각 업체들의 노력의 산물이기도 할 것이다. 제품개발 기간단축의 예는 자동차 산업에서도 찾아볼 수 있는데 1980년대에 7~8년 소요되던 자동차의 개발 기간이 2000년대 이후에는 3~4년, 그리고 향후에는 2년으로 단축될 것으로 예상하

*정회원, (주)씨테크시스템 부설연구소
**교신저자, 중신회원, 경상대학교 산업시스템공학부, 공학연구원
- 논문투고일: 2007. 09. 27
- 심사완료일: 2008. 01. 12

고 있다. 이 예상은, 제품개발 기간이 향후 2년 이상 소요되는 자동차 업체는 시장에서 도태될 수 있음을 의미하기도 한다.

제품의 개발 기간이 단축된다는 것은 기존의 업무량을 더 짧은 시간 내에 처리해야 한다는 것을 의미하며, 단축된 양에 따라 많은 방법이 강구될 수 있다. 그 예로 작업자의 업무시간 연장, 인력 보강, 아웃소싱 그리고 사용하는 도구의 개선 등을 들 수 있으며, 각 제조업체에서는 이외에도 제품의 개발 기간단축을 위해 각 공정 및 부서별로 이루어지던 개별 개선 활동을 공장 전체차원에서 통합적으로 시도하고 있으며, PDM, ERP 등의 전자 정보망을 구축하여, 설계와 생산정보를 통합함으로써 기존의 비효율적인 정보활용 요소를 제거하는 등, 다양한 형태의 개선 활동이 전개되고 있다. 또한 설계부서의 전 유물이었던 3차원 데이터도 조립 및 검사 부분까지 확대 적용되어 형상에 대한 각 공정간의 의사소통 향상에 많은 도움을 주고 있으며, 가공 부분에는 shop floor CAM 시스템²⁾의 도입으로 기계 작업자가 직접 가공 데이터를 생성함으로써 작업 효율을 높이고 있다.

제품설계 및 개발의 핵심인 설계부서에서도 많은 개선이 이루어져 왔으며, 그 중에서 대표적인 것이 3차원 시스템의 도입과 활용이다. 3차원 설계시스템은 1990년대 중반 이후부터 국내에 급속히 보급되기 시작했는데 기존 2차원 시스템에서는 표현이 힘들었던 복잡한 형상의 구현과 데이터 활용으로 제품의 초품

제작 이후에나 발견할 수 있었던 잘못된 형상과 부품간의 간섭 등의 문제점을 사전에 파악해서 보완할 수 있게 되었으며, 파라메트릭 모델링의 적용으로 설계변경이 매우 용이해짐에 따라 설계품질이 향상되고 설계 시간이 크게 단축되었다. 그런데 현실점에서 이러한 개선 수준으로 지금의 3차원 설계환경이 계속되는 제품기간의 단축 및 품질 개선 등의 요구를 충족시킬 수 있는 지를 심각하게 고려해야 할 필요성이 있다. 따지고 보면 지금 현재 제조업의 설계부서에서 누리고 있는 개선 효과의 대부분은 3차원 시스템의 기능 활용에 의한 것이다. 이러한 관점에서 보면 현재보다 더 나은 설계환경을 구축하기 위해서는 지금의 3차원 시스템보다 더 막강한 기능을 가진 시스템이 개발되어야 한다. 그러나 파라메트릭 모델링 방식을 근간으로 하는 현재의 시스템을 뛰어 넘는 새로운 개념을 가진 설계시스템의 등장은 현재로서는 기대하기 어렵다. 그렇다면 이것은 남기 단축의 압박이 강해짐에도 불구하고, 설계부서에서는 더 이상 여기에 대처할 수 있는 대안이 없다는 것으로 판단될 수 있다.

그런데 3차원 설계시스템을 사용하는 대부분의 업체에서는 많은 애로사항과 해결해야 할 문제점들을 가지고 있다. 따라서 이들 문제의 해결 및 개선으로, 더 향상된 설계환경을 구축하면 당면한 어려움에 대응할 수 있을 것이다. Fig. 1은 현재 대부분의 회사에서 당면하고 있는 3차원 설계의 문제점과 이것을 해결하기 위한 개선방향을 보여주고 있다.

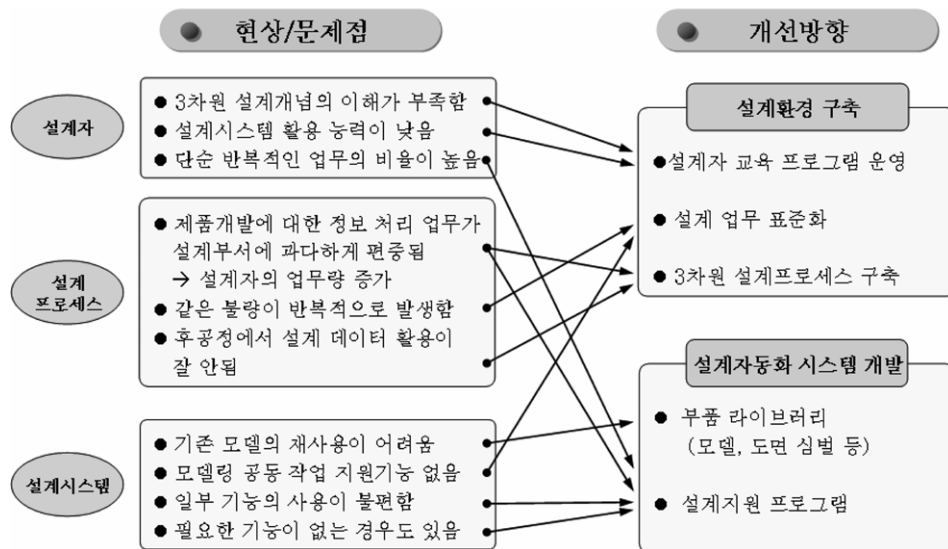


Fig. 1. Issues on the 3D design.

3차원 설계의 문제점들은 크게 세가지로 분류할 수 있다. 첫번째는 설계자에 관한 문제점이다. 설계자의 3차원 설계에 대한 개념 부족과 그로 인한 시스템의 활용능력이 떨어져, 전체 설계효율이 낮은 것이 일반적이다. 그러나 이보다도 중요한 것은 전체 설계 시간 중에서 단순 반복적인 업무가 지나치게 많아 제품 및 부품의 기능과 형상 정의 등에 관련된 설계 본연의 업무에 투입되는 시간이 적다는 점이다. 두번째는 설계 프로세스에 대한 것으로 후공정에서 필요한 정보의 처리를 설계과정에서 모두 담당함으로써, 설계자의 업무량을 증가시키고, 설계를 위한 표준 절차와 방법이 제대로 갖추어져 있지 않아 같은 불량률이 반복적으로 발생하며, 설계부서에서 생성한 3차원 설계데이터를 후공정에서 활용할 수 있는 프로세스나 여건이 미비하다. 마지막으로 설계시스템 기능의 한계이다. 파라메트릭 모델링 기법으로 기존 모델을 편집하여 새로운 형상을 생성할 수 있지만, 자유곡면을 포함한 복잡한 형상을 편집하는 경우에는 기존 모델에 대한 설계 이력을 파악하기 어렵다. 그리고 협업 모델링에 대한 연구가 계속 진행되에도 불구하고 하나의 제품 모델을 다수 명의 설계자가 공동으로 작업할 수 있는 기능을 제공하지 못하고 있다¹³⁾. 또한, 일부 기능은 사용 방법이나 절차가 매우 까다로우 사용하기 어려운 경우도 있고 특정 업체의 경우에는 필요한 기능 자체가 없는 경우도 있다.

따라서 이러한 문제점들의 해결을 위해 본 연구에서는 설계자의 3차원 설계 능력 향상, 효율적인 설계 프로세스 구축 및 운용과 설계자동화 시스템 개발을 위한 방법과 절차를 제안한다. 설계자동화 시스템은 설계자가 제품과 부품의 모델과 도면을 생성하기 위해 수작업으로 구현하던 상용 시스템의 기능들과 처리 순서 등을 상용 시스템의 API(Application programming interface)를 이용한 컴퓨터 프로그램으로 처리하는 것을 의미한다.

1.1 기존 연구

1.1.1 설계환경 구축

설계 업무의 전문성과 보안 등으로 선진사의 3차원 설계시스템의 도입과 활용을 포함한 설계환경 구축에 대한 일반적인 방법론에 관한 학술적 연구 문헌을 찾아 보기 힘들다. 현재 전세계적으로 널리 사용되고 있는 high-end급의 상용 설계시스템의 도입과 활용은 대부분 개발사나 판매사의 자체 기술지도로 이루어지기 때문에 업체별로 적용된 구체적인 내용을 파악하기 어렵고, 시스템의 특징과 장점이 서로 다르기 때문에

그것을 일반화하기는 어렵다.

1.1.2 설계자동화 시스템

설계환경 구축에 비해 설계자동화 시스템에 대한 연구 결과는 국내에서도 많이 소개되었다¹⁴⁾. 이들 대부분은 각 제품 및 부품의 모델과 도면 생성을 위해 편집설계 방식을 채택하고 있다. 편집설계 방식은 새로운 모델에 대한 치수들을 입력하여 파라메트릭 모델링으로 완성된 원형 모델의 형상을 변경시키고, 그 결과로 원형 모델과 연계되어 작성된 도면 역시 변경된 모델 형상을 반영하게 되어, 결과적으로 새로운 모델과 도면을 생성시키는 방법이다.

그런데 설계자동화 시스템 개발의 제일 중요한 점 중의 하나는 개발 그 자체가 아니라 그것이 현장에서 잘 적용되어 원하는 개선효과를 도출하는 것이다. 그러나 실제로 많은 설계자동화 시스템이 개발되었지만, 현업적용에 실패하여 사장된 경우가 많다. 이것은 설계관련 업무가 다른 업무에 비해 전문적이기 때문에 시스템의 개발 범위가 클수록 현장의 어려움을 잘 파악하여, 이들을 해결하는 기능을 제대로 구현하기가 어렵기 때문이다. 따라서 설계자동화 시스템의 성공적인 현업적용과 높은 기대효과를 창출할 수 있는 체계적인 절차와 방법 또한 필요하다.

1.2 연구방법과 내용

1.2.1 3차원 설계환경 구축

가전제품¹⁵⁾, 오토바이¹⁶⁾, 전기부품¹⁷⁾, 위성도기¹⁸⁾, 시출 및 다이캐스팅 금형업체^{14,16)}를 대상으로 진행된 3차원 설계환경 구축을 위한 프로젝트 및 컨설팅 내용을 바탕으로 설계시스템의 활용 및 프로세스 구축을 위한 일반화된 절차와 방법을 도출하였으며, 2장에서 구체적인 내용을 소개하고자 한다.

1.2.2 설계자동화 시스템 개발 절차 및 방법

설계자동화 시스템 개발 과정에서 제기된 여러 문제점의 원인을 분석하여, 원활한 현업적용과 기대효과를 달성하기 위한 설계자동화 시스템의 개발 절차 및 방법을 3장에서 제안한다.

1.2.3 설계자동화 시스템 개발 사례

제안한 설계자동화 시스템의 개발 절차와 방법에 따라 개발한 증기터빈발전기 설계 전용 시스템을 소개하고 현업적용 효과를 제시한다. 이 시스템들은 설계 데이터를 입력 받아, 현업에서 필요한 모델, 도면, 부품 정보, NC Data 등을 생성하는 역할을 한다.

2. 3차원 설계환경 구축

1990년대 초반부터 대기업을 중심으로 도입되기 시작한 3차원 설계시스템은 불과 10여 년 사이에 국내 대부분의 중소기업에까지 보급되어 활용되고 있다. 이러한 현상은 저가의 고성능 컴퓨터의 출시로 설계시스템 도입 비용에 대한 부담이 줄어든 이유도 있지만, 기존 2차원 설계환경으로는 시장의 급속한 변화에 신속하게 대응할 수 없다는 각 기업의 판단 때문이다.

대부분의 해외 선진업체 및 국내 대기업에서 3차원 설계 데이터를 사용하기 때문에 3차원 설계시스템이 없이는 발주처에서 제시하는 설계 데이터를 이용하여 업무를 진행할 수 없으며, 제품과 함께 3차원 설계 데이터를 같이 요구하는 추세이기 때문에 3차원 설계시스템은 수주를 위해서라도 반드시 필요한 요소가 되었다. 그런데 아무리 좋은 자동차도 울퉁불퉁하고 꾸불꾸불한 산길에서는 그 성능을 제대로 발휘할 수 없듯이, 3차원 설계시스템도 최적의 환경하에서 운영되어야만 그 효과를 최대로 발휘할 수 있다. 2장에서는 3차원 설계 환경 구축 절차와 방법에 대하여 제안하고자 한다. Fig. 2는 3차원 설계환경의 구축 단계를 보여주고 있으며 자세한 내용은 다음과 같다.

2.1 설계시스템 도입

2.1.1 동일 시스템 사용의 장점

대부분의 국내 제조업체의 경우, 독자 제품을 개발하는 일부 회사를 제외하고는 기술 제휴사나 주 거래처의 시스템과 같은 시스템을 채택하는 것이 일반적이다. 물론, IGES나 STEP 등의 중립 파일 포맷으로 변환하여 이 변환된 파일을 사용하여 업무를 진행할

수 있다. 그러나 IGES나 STEP의 경우 형상정보만을 취급하여 특정형상, 설계 이력, 설계 변수 등의 정보는 변환에서 제외되는 단점이 있다. STEP의 경우 이러한 부가적인 정보도 궁극적으로 취급할 것으로 기대되고 있으나, 아직까지는 미흡한 실정이다^[7]. 그리고 해외 선진업체들을 중심으로 제품의 설계 데이터 뿐만 아니라 금형 등 제품에 관련된 모든 데이터들을 통합 관리하기 위해 PDM 시스템을 운용하고 있고, 이를 위해서는 3차원 형상 데이터뿐만 아니라 설계 데이터 내부에 제품에 대한 다양한 정보를 저장하고 유지해야 하는데, 이러한 정보들은 중립 파일을 위한 설계 데이터 변환 과정에서 대부분 정보가 손실되므로, 중립 파일의 사용은 적합하지가 않다. 그리고 같은 시스템을 사용하면 대부분 시스템이 지원하는 파라메트릭 설계방식으로 형상을 쉽게 수정할 수 있기 때문에 발주처와 같은 시스템을 채택하는 것이 유리하다.

2.1.2 타 시스템과의 호환성 및 확장성

자체 제품을 개발하는 업체의 경우는 제품의 형상을 쉽게 구현하고 관리할 수 있는 기능을 더 많이 제공하는 시스템을 선정할 수 있을 것이다. 설계시스템 선정의 대표적인 방법 중의 하나는 다수 개의 설계시스템을 후보로 선정하여 벤치마킹 테스트를 실시한 후, 최적의 시스템을 선정하는 것이다. 그러나 CAD/CAM 및 관련 기술의 발전으로 각 상용 시스템들이 높은 수준의 기능을 제공하고 있기 때문에 기능 위주로 시스템을 선정하기는 쉽지 않다. 즉, 현재 생산되고 있는 제품들 중에서 최고의 기술력이 요구되는 것이 항공기라고 할 때, 상용 CAD/CAM 시스템을 대표하는 UGS사의 Unigraphics, Dassault사의 CATIA,

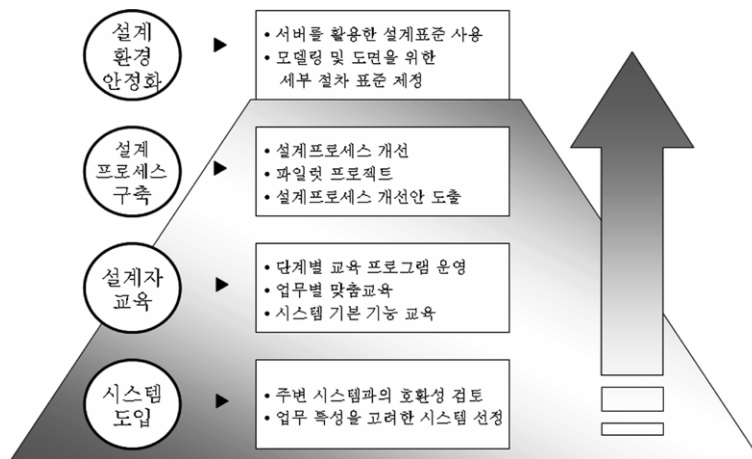


Fig. 2. Overall procedure for construction of a 3D design environment.

PTC사의 Pro/Engineer시스템이 항공기 제조사별로 사용되는 것을 보더라도 기능적인 차이점은 없다고 판단해도 무방할 것이다. 따라서 기능 위주로 시스템을 선정하기 보다는 전체 생산시스템의 관점에서 PDM, ERP 등 다른 시스템과의 호환성 및 시스템의 확장 가능성 등에 초점을 맞추어 선정하는 것이 더 바람직하다.

2.2 설계자 교육

2차원 설계시스템에 익숙한 설계자가 곧바로 3차원 설계시스템을 활용하여 3차원 제품 형상을 구현할 수는 없다. 따라서 설계자는 이를 위해 시스템 기본 기능과 제품 형상 정의에 필요한 다양한 기능을 교육받아야 한다.

자신의 머릿속에 있는 형상을 2차원 도면으로 표현하던 것을 3차원 형상으로 표현할 수 있다는 것은 설계자의 입장에서는 상당히 매력적인 일이 아닐 수 없다. 그리고 완성된 형상으로 기존에는 확인할 수 없었던 복잡한 형상이나 다른 부품과의 간섭 체크 등이 가능함으로 3차원 설계환경의 장점을 체험하게 된다. 물론 이를 위해서는 형상 정의를 위한 절차 및 각 과정에서 필요한 기능 선택과, 그 기능을 제대로 구현하는 과정을 여러 번 반복해야 한다.

그런데 시스템 교육은 단순히 설계자로 하여금 형상 구현을 위한 시스템의 기능 습득 과정에 그쳐서는 안 된다. 궁극적으로는 시스템의 기능으로 형상을 완벽하게 정의함으로써, 그 동안의 2차원 설계 시에는 인식하지 못했던 제품 형상과 기능에 관련된 여러 문제점을 파악하여, 더 효율적인 제품개발을 위한 설계 데이터의 활용 방안 도출과 설계 프로세스의 개선이 이루어져야 한다. 일반적으로 설계자가 자신이 설계하는 부품의 형상을 원활하게 구현하기 위해서는 6개월 정도의 시간이 소요된다. 이것은 기본적인 시스템의 각 기능별 이해 및 시스템 기능 사용의 숙달, 그리고 다양한 기능 중에서 제품에 적합한 기능을 선정하는데 소요되는 시간 등이 여기에 포함되기 때문이다.

2.3 3차원 설계 프로세스 구축

3차원 설계시스템의 도입과 설계자의 시스템 교육은 자동차의 구입과 운전자 교육에 해당한다. 다음 단계는 원하는 목적지로 가기 위한 최적의 이동경로를 선택하는 것이다. 그런데 선택된 경로 중에 자동차가 운행할 수 없는 길이 있다면, 도로를 확장하거나 새 도로를 건설해야 한다. 3차원 설계 프로세스의 구축도 마찬가지다. 3차원 시스템의 기능을 최대한 활용

하고 궁극적으로 설계 및 개발 기간 단축을 위해서는 먼저 기존 설계 및 개발 프로세스를 정확하고 구체적으로 파악하는 것이 중요하다. 그리고 각 공정들을 대상으로 3차원 설계시스템의 기능이나 설계 데이터의 사용으로 제거하거나 개선할 수 있는 공정들을 선택한 후, 파악된 개선 내용들을 수용할 수 있는 새로운 프로세스를 구축한다. 그런데 여기서 주의할 점이 있다. 개선 대상인 기존 프로세스는 상당히 오랜 시간 동안 안정적으로 운영되어 온 것이다. 따라서 3차원 시스템의 활용에만 너무 치중한 나머지 다른 공정에 끼칠 수 있는 영향을 무시하거나 고려하지 못하는 경우가 많다. 예를 들어 3차원 설계 데이터를 이용하면 설계부서에서는 상당히 많은 시간을 절감할 수 있다고 하더라도 3차원 시스템에 의해 생성한 도면 표현 방법이 기존 도면과 다를 경우 후공정에 많은 혼선을 초래할 수 있다. 따라서 이 경우에는 후공정에 영향을 최소로 할 수 있는 도면 표현 방법이 같이 고려되어야 한다.

3차원 설계 프로세스는 파일럿 프로젝트를 통한 검증 단계를 거쳐야 한다. 기존에 개발한 주요 제품을 대상으로 새로운 프로세스에 따라 설계를 직접 해봄으로써 미처 발견하지 못한 문제점과 그에 대한 해결 방안 모색, 그리고 관련 부서의 협조 내용을 점검할 수 있다.

2.4 설계환경 안정화

개선한 설계 프로세스에 대한 검증과 그에 따른 문제점들의 파악 및 해결 방안을 마련하여, 최종적으로 개선 프로세스를 보완하면 3차원 설계환경에서의 신제품 개발 준비는 대부분 완료된다. 그리고 개별적으로 검증된 절차와 기능은 바로 실무에 적용되기도 한다. 그러나 제품개발 과정에는 많은 변수와 애로사항이 산적해 있기 때문에 이러한 문제점들까지 보완하려면 상당히 많은 시간이 소요된다. 그러나 이 기간에 발생한 여러 가지 문제점들과 그에 대한 조치사항들을 체계적으로 정리하면 3차원 설계환경을 완성하는데 많은 도움이 되며, 이들 중의 대부분은 업무 표준으로 제정하여 설계자 사이의 업무 편차나 불량의 재발생 등을 방지할 수 있다. 그리고 서버를 운영하여 다수의 설계시스템의 사용환경을 동일하게 운영하는 것도 필요하다.

3. 설계자동화 시스템 개발 절차 및 방법

설계자동화 시스템을 현업에 적용하여 단순 반복

작업을 제거하고, 모델과 도면을 자동 생성함으로써 설계 시간 단축 및 품질 개선에 큰 효과를 거둔 사례들을 많이 찾아 볼 수 있다. 그러나 개발 후 현업 적용에 실패한 사례도 적지 않으며 그 실패 원인으로 다음을 들 수 있다.

첫째 현업의 요구조건을 수용하지 못하여 설계자가 원하는 기능을 제공하지 못하는 경우, 둘째 시스템의 기능 구성과 사용 절차가 설계 프로세스와 맞지 않는 경우, 셋째 설계자에게 시스템 개발의 목적과 활용으로 인한 업무 개선 효과를 충분히 이해시키지 못하여 설계자가 시스템 사용 자체를 못마땅하게 여기거나 거부하는 경우 등이다. 그리고 현업에서 사용되는 경우라도 시스템의 일부 기능만 사용되는 경우도 흔하다. 개발된 시스템의 현업 적용이 실패할 경우, 시스템의 적용으로 예상된 기대 효과는 물론이고, 개발 과정에 투입된 인력, 비용, 그리고 시간 등으로 실제로 많은 손실을 보게 되며, 개발에 참여한 담당자들 또한 많은 정신적 부담감을 갖게 된다.

설계자동화 시스템이 일반적인 소프트웨어 개발론이나 프로젝트 관리론에서 제안하고 있는 다양한 방법과 절차에 따라 개발됨에도 불구하고 다른 분야의 시스템보다 상대적으로 현업 적용이 어려운 것은 설계업무가 가지는 다양성과 전문성 때문이라고 볼 수 있다. 생산하는 제품의 특성에 따라 그것을 위한 설계 기술 및 관련 프로세스가 매우 다르고 같은 업종의 설계부서 내에서도 부품에 따라 개발에 관련된 설계, 가공, 조립공정 등이 서로 다르므로, 해당 업무를 경험해보지 못한 시스템 개발자 입장에서는 개발 시스템의 기능에 관련된 내용을 파악하기가 매우 어렵다. 따라서 설계자동화 시스템의 성공적인 현업 적용을 위해서는 일반적인 시스템 개발론 외에 설계업무의 특

수성을 고려한 개발 방법과 절차가 필요하다.

본 연구에서는 앞 절에서 소개한 분석 내용을 토대로 설계시스템의 방법과 절차를 제안하고자 한다. Fig. 3은 본 연구에서 제안하는 설계시스템 개발 절차를 보여주고 있다.

3.1 요구분석

시스템 개발의 첫 단계인 요구분석은 설계자나 개발자의 입장에서 아주 중요한 개발단계이다. 대부분 인터뷰 형식으로 진행되는 시스템 기능에 대한 요구분석 단계에서 시스템의 개발배경과 목적에 대한 충분한 이해와 아래에 열거하는 항목들에 대한 검토가 필요하다.

3.1.1 설계환경의 이해

설계 업무는 제품 개발에 필요한 모든 공정과 관련되어 있으므로 해당 업무와 프로세스의 이해는 필수적이다. 이를 위해 금형업체인 L사의 경우, 사출금형 설계용 프로그램 개발의 시작단계에서 개발자에게 금형 설계에 대한 교육을 4주간 실시한 사례도 있다^[18]. 그 만큼 개발자의 해당 설계 업무의 이해는 프로그램의 완성도나 개발 기간에 많은 영향을 미치게 된다. 그리고 현업에서 요구하는 시스템의 대부분의 산출물이 모델과 도면이다. 따라서 다른 업종의 설계시스템 개발 경험이 있는 개발자는 3차원 시스템 내에서 처리되는 모델과 도면의 생성 절차가 유사하여 그 차이점을 간과할 수 있으나, 모델 생성에 필요한 기능이나, 도면을 구성하는 여러 요소들이 매우 다를 수 있으므로 세밀하게 검토해야 한다.

3.1.2 설계자료 분석 및 설계 업무의 표준화

대부분 업무 분석을 위한 자료로 모델과 도면이 주어진다. 이 때 현업 담당자는 시스템에 적용할 대상의 일부분만을 제공하는 경우가 많다. 이것은 개발 초기부터 개발자에게 개발 범위 전체를 상세하게 소개하는 것 보다는 기본 개념 소개와 이해를 위해 대표적인 부품이나 종류 위주로 기본 개념을 소개하는 것이 더 효율적이라고 판단하기 때문이다. 그러나 개발자는 개발 초기에 시스템의 전체 범위를 파악하기 위해 적용 대상인 모든 부품을 확인해야 한다. 그러한 소개가 없을 경우 개발자가 반드시 요구하여 확인할 필요가 있다. 설계자동화 시스템의 주된 개발목적은 수작업으로 수행하고 있는 설계 업무를 전산으로 처리하기 위한 것이다. 따라서 관련 업무의 표준 자료는 업무를 이해하는데 많은 도움을 주며, 개발 시스템에 필요한

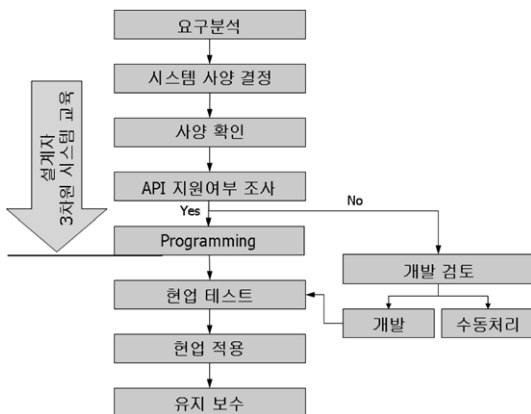


Fig. 3. The step of development of design automation system.

기능을 선정하거나 기능 구현을 위한 알고리즘을 작성하는데 중요한 역할을 한다. 그런데 이러한 표준 자료가 없는 경우는 시스템 개발을 위해 업무의 표준화 작업이 필요하다. 경우에 따라서는 시스템 개발에 소요되는 시간보다 표준화 작업에 소요되는 시간이 더 긴 경우도 있다. 그러므로 이 경우에는 표준화 작업을 개발 범위에 포함시켜야 한다.

3.1.3 프로그램의 적용 범위

설계자동화 시스템의 산출물은 주로 설계부서 내부에서 사용되지만 다른 부서와 공동으로 활용되는 경우도 있고 타 시스템의 입력으로 사용되는 경우도 많다. 전자의 경우에는 산출물을 공유할 부서에서 필요한 정보까지 포함해야 함으로 프로그램의 적용 범위를 파악하는 것도 중요하다. 후자의 경우는 타 시스템의 입력 포맷 정보의 유무 등에 대한 조사가 필요하다.

3.2 시스템 사양 결정

전 단계에서 분석된 내용을 기준으로 시스템에서 구현할 기능을 정의한다. 그런데 설계자동화 시스템은 상용 시스템의 기본 기능을 근간으로 개발되기 때문에 이 기능들을 기준으로 프로그램 사양을 결정하는 것이 편리하다. 이러한 기능 위주의 프로그램 사양이 결정되면 설계자동화 시스템의 기능으로 자동 처리할 수 있는 업무 범위를 결정하는 단계가 필요하다.

3.2.1 자동화의 수준

수작업으로 진행하던 일련의 작업들을 프로그램으로 전부 대체할 수 없는 경우가 많으며, 특히 도면 생성 시스템인 경우에는 100% 자동 생성은 불가능한 일이다. 이론적으로는 도면을 구성하는 뷰, 치수선, 그리고 각종 노트 등의 생성과 배치를 자동 처리하는 것이 가능하지만, 이를 위해서는 개개의 치수선에 대한 정의나 각 뷰와 치수선들과의 상관관계 등을 모두 고려해야 함으로 도면 자체를 작성하는 것보다 훨씬 까다롭고 어려운 일이다. 또한 이러한 준비작업은 모든 부품을 대상으로 실시해야 하기 때문에 불가능하고, 오히려 약간의 수작업으로 도면 요소들의 크기나 위치를 변경하는 것이 현실적인 방법이 될 수 있다.

그런데 시스템 개발 참여 경험이 없는 설계 담당자의 경우 프로그램 처리로 모든 것이 해결된다고 생각하는 경우가 있으므로, 현실적인 어려움 등을 설명하여 자동화 수준을 결정해야 한다. 그렇지 않을 경우 별 소득 없고, 지루한 일을 오랫동안 경험한 후에서야

자동화의 한계를 인식하게 된다.

3.2.2 시스템 기능 구성

목표한 산출물을 위한 시스템의 기능 구성은 단계적으로 나누어서 하는 것이 바람직하다. 하나의 기능으로 산출물을 생성하는 것이 매우 효율적일 수 있으나, 내부에 포함된 일부 설계 프로세스가 변경되면 프로그램의 수정 없이는 시스템을 사용할 수 없게 된다. 이와 반대로 주요 단계별로 그 기능을 분리해서 시스템을 구축하면, 예상치 않은 상황이 발생하여 관련 기능을 사용하지 못하게 되더라도 수작업으로 그 단계의 결과물을 완성하여, 다음 기능의 입력으로 사용함으로써 나머지 작업을 진행할 수 있다. 또한, 시스템의 활용 초기에 많이 발생하는 오류의 원인도 분산 프로세스로 개발된 시스템에서 훨씬 더 파악하기 쉽다.

3.3 상용 시스템에 의한 사양 확인

설계자동화 시스템의 개발은 다른 종류의 시스템 개발에 비해 시스템 개발 이전에 결정된 사양에 대한 확인이 가능하다는 장점이 있다. 설계자동화 시스템의 개발은 기본적으로 상용 설계시스템의 개별 기능을 API로 구현하는 것이기 때문에 API를 이용한 프로그램 구현 전에 상용 시스템의 기능을 이용하여 수작업으로 사양을 확인할 수 있고 이를 통해서 더 구체적인 사양을 결정할 수도 있다. 그리고 이 과정에서 설계자동화 시스템에서 구현할 기능 중에서 상용 시스템에서 제공하지 않는 기능을 찾아 내어 별도의 기능 구현이나 다른 대안의 모색 등과 같은 사전 조치를 취할 수 있다. 그리고 다양한 방법으로 같은 형상을 구현할 수 있기 때문에 설계자동화 시스템에 가장 적합한 기능을 찾는 일도 필요하다. 따라서 이러한 이유로 설계자동화 시스템의 개발 사양을 상용 시스템의 기능으로 확인하는 단계를 반드시 거쳐야 한다.

3.4 API 지원여부 조사

상용 시스템 개발회사들은 대부분의 시스템 기능에 해당하는 API를 제공한다. 여기서 중요한 것은 100% 지원하지 않는다는 것이다. 일반 프로그램과는 달리 CAD/CAM 시스템에서 지원하는 대부분의 고급 기능은 상당히 오랫동안 많은 사람의 연구에 의해 완성된 것이기 때문에, API로 제공되지 않는 기능 중에 이러한 기능이 포함되어 있으면 개발 기간에 상당한 악영향을 미칠 수 있다. 그것은 새로운 기능을 개발하는 것 자체가 설계자동화 시스템을 개발하는 것보다 훨씬

션 어렵고 시간이 많이 소요되는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 앞 절에서 사용하기로 결정된 기능들이 API 함수로 지원되는가를 조사하여야 한다. 지원되지 않는 기능이 있을 경우, 수작업 처리를 제안할 수 있지만 이것이 번거롭거나 힘든 경우에는 프로그램의 사용에 많은 제한을 줄 수 있기 때문에 지원되지 않는 기능 개발을 위한 개발 기간 연장이 필요한 경우도 발생한다.

3.5 시스템 구현(Programming)

사전에 검증된 시스템의 기능과 절차를 기준으로 설계자동화 시스템을 구현한다. 그러나 개발 기능에는 상용 시스템의 기능을 단순히 API로 대체할 수 없는 것들도 많다. 즉, 시스템의 기능에 의해 생성되어야 할 산출물은 정해져 있으나 그것을 위한 구체적인 절차는 쉽게 결정할 수가 없다. 그러나 이러한 기능의 기본 알고리즘은 장기간 동일한 업무를 수행한 설계자에게서 해답을 구할 수가 있는 경우도 많다. 왜냐하면 설계자는 시스템 구현을 위한 프로그램 작업은 할 수 없지만, 수작업으로 해당 산출물을 생성하면서, 쌓아 온 그들만의 know-how가 있기 때문이다. 따라서 특정 산출물 생성을 위한 절차는 그 일을 전담해온 담당 설계자의 의견을 청취하는 것이 중요하다.

그리고 조금 더 편리한 기능의 구현보다는 상용 시스템에서 지원하는 기능을 가급적 사용함으로써 시스템의 설계환경 변화에 대한 유연성을 키울 수 있다. 이것은 예상치 않은 설계환경에 처했을 때, 별도의 기능을 다수 추가한 시스템은 프로그램의 수정에 의해서만 그런 상황에 대처할 수 있지만, 상용 시스템의 기본 기능을 위주로 꼭 필요한 기능만을 추가하여 개발한 시스템은 프로그램의 수정 없이 해당 상용 시스템의 기능으로 대처할 수 있기 때문이다.

3.5.1 시스템 중간 평가

다수의 설계자가 공동으로 사용할 시스템인 경우, 시스템의 평가 버전이 나올 시점에서 설계자들을 대상으로 개발된 시스템의 기능과 구현 절차에 대한 검토가 필요하다. 시스템의 기능은 설계부서에서 취합된 내용을 바탕으로 구현되지만, 실제로 설계 과정에서 부딪힐 수 있는 다양한 경우들을 전부 포함하기는 어렵다. 따라서 시스템 개발이 최종적으로 완료되기 전에 설계자들을 대상으로 사전 점검의 시간이 필요하다. 이 과정에서는 개발되고 있는 시스템의 일부 기능에 대한 사용상의 편리성이나 세부기능의 추가 의견이 주류를 이루지만, 꼭 반영되어야 기능이 누락된

것을 확인할 수도 있다.

3.6 설계자 3차원 설계시스템 교육

시스템의 초기 버전이 완성되기 전에 시스템 구현 기능에 관련된 상용 시스템의 기능 교육이 있어야 한다. 앞에서 계속 언급되었지만, 설계자동화 시스템의 대부분의 역할이 수작업으로 하던 제품 및 부품의 형상 모델링이나 도면 작성을 프로그램으로 처리하는 것이기 때문에 프로그램 내부에서 사용되는 기능이나 절차를 개발에 투입된 담당자는 상세하게 이해할 필요가 있다. 이것은 완료된 시스템의 단계별 검증 작업을 수작업에 의한 기능 구현으로 쉽게 수행할 수도 있고, 만약 개발된 시스템의 기능이 단계별로 진행되면서 시스템의 오류로 인해 중단되더라도 상용 시스템의 차원에서 그 원인을 파악하여 나머지 부분을 수작업으로 마무리 할 수 있는 대처능력도 생기기 때문이다. 만약 그렇지 않으면 시스템의 사소한 오류로도 시스템을 사용할 수 없게 되어 개발자에 의한 원인 분석 및 조치가 취해질 때까지 업무를 중단해야 한다.

아울러 설계시스템의 교육을 통하여 시스템 개발에 대한 전반적인 절차와 방법을 이해함으로써, 개발의 한계 및 시스템의 융통성 있는 활용 방안이 수립될 수 있다.

3.7 현업 테스트(Field Test)

프로그램의 초기 버전이 완성되면 현업적용을 위한 현업 테스트를 수행한다. 현업 테스트의 목적은 적용할 신제품을 위한 준비라기 보다는 이전에 개발한 제품을 대상으로 시스템의 기능을 최종 점검하는 것이다. 그러나 개발된 모든 제품에 대해 적용하는 것은 불가능하므로, 시스템의 기능을 전반적으로 점검할 수 있는 몇 개의 제품을 선별하는 것이 중요하다. 현업 테스트를 위한 제품의 선정은 개발 초기 단계에서 시스템의 사양 결정 과정에서 이루어지는 것이 더 합리적이다. 시스템 개발은 이전에 존재하지 않은 새로운 기능을 추가하는 작업이기 때문에 다양한 제품의 모든 특성을 초기 단계부터 모두 고려하여 시스템의 기능을 정의하는 것이 힘들기 때문이다. 따라서 대표적인 부품을 대상으로 그것을 생성할 수 있는 기능을 먼저 구현한 후, 단계별로 필요한 기능을 추가하는 것이 더 효율적인 방법이 될 수 있다.

3.8 현업 적용과 유지 보수

일반적으로 설계 환경은 예상치 않은 많은 변수를 포함하고 있다. 이것을 프로그램 개발단계에서 미리

예측해서 반영하기는 불가능하다. 따라서 시스템의 개발과 현업 테스트가 성공적으로 완료되었다고 하더라도, 이러한 환경에 대처하기 위해 일정 기간 동안 지속적인 시스템 기능 개선 노력이 필요하며, 장기적으로는 변화된 설계환경에 대처할 수 있는 시스템의 기능 확장이 필요하다.

그리고 설계시스템의 버전 업그레이드로 인해 하위 버전에서 개발된 자동화 시스템이 작동되지 않는 경우도 발생할 수 있으므로, 설계시스템의 업그레이드 전에 자동화 시스템의 작동 여부 등을 확인한 후 필요한 조치를 취하여야 한다.

4. 설계자동화 시스템 개발 사례

4장에서는 터빈발전기 설계용으로 개발된 주요 설계자동화 시스템의 주요 내용과 현업 적용 효과를 소개한다.

4.1 Steam Path 설계 및 가공^[9]

터빈 발전기의 부품인 steam path에는 평균 크기와 폭이 각각 1300×300×650 mm와 12 mm인 후판이 있으며, 그 내부에는 블레이드 조립용 구멍이 200여 개가 있다. 외국의 한 대기업의 경우 전용 5축 레이저 가공기를 이용하고 있으나, 국내에서는 이와 같은 대형의 후판을 가공할 수 있는 5축 가공기가 없으며, 이러한 가공을 위한 별도의 전용기를 만들 수 있는 여건이 되지 못한다. 따라서 굽혀진 상태에서의 구멍 가공은 현실적으로 불가능하며, 범용의 5축 물제트(waterjet) 가공기를 이용하여 평판에서 구멍을 가공하고 이를 굽히는 cutting & bending method를 개발하였다 (Fig. 4).

시스템의 개발 전에는 전개 구멍 형상을 구하지 못하여 근사 모델을 이용했으며, 부정확한 가공기의 기구학적 모델링으로 인하여 블레이드 조립 시 추가적인 사상 작업이 필요했으며, 상당히 많은 구멍 수로 인하여 제작비와 발전기 성능에 상당히 많은 악

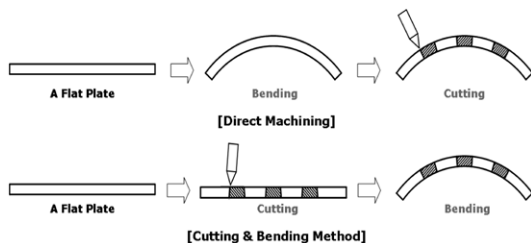


Fig. 4. Two methods for hole-making on a bended plate.

영향을 미쳤다. 개발된 시스템은 당진 7, 8호기용으로 생산중인 터빈발전기에 활용되고 있는데 이 시스템 적용으로 발전기당 5만 人時(man hour)를 절약하고 획기적인 품질 향상을 이루고 있는 것으로 평가되고 있다.

4.2 자유곡면 부품의 모델링 및 도면 자동 생성^[20]

파라메트릭 모델링은 모델링 순서와 각각의 치수와 프로파일에 대한 정보를 유지함으로써 치수의 일부분이나 모델링 순서가 변경되면 관련 정보의 갱신으로 최종 형상을 변경하는 모델링 방식이다. 따라서 아무리 복잡한 형상을 가진 부품이라고 하더라도 파라메트릭 모델링 기법으로 완성된 모델이 있다면 해당 치수 및 프로파일의 수정으로 새로운 모델을 얻을 수 있다. 그러나 부품 형상이 복잡할수록 파라메트릭 모델링으로 형상을 완성하기가 쉽지 않다. 기본적인 파라미터는 시스템에 의해 생성되어 관리되지만, 다른 형상과의 연관관계들은 시스템에서 제공하는 기능을 사용해서 설계자가 지정해야 하며, 모델링 과정 중에 잘못된 모델링 순서 등을 수정하기 위해서는 이전에 설정한 관련 정보들을 개별적으로 수정해야 한다. 따라서 실제 모델링 작업 이전에 복잡한 형상 부위를 정의하기 위한 절차 및 그것에 대한 사전 검증 작업이 필요하다. 그리고 자유곡면이 포함된 경우, 대부분의 프로파일 정의는 많은 선분이나 원호로 정의되어 있기 때문에 그것을 시스템의 기본 기능으로 일일이 작성하고, 작성된 프로파일들을 마우스로 개별 선택하여 자유곡면을 완성하는 것은 매우 지루한 단순 반복 작업이어서 이들을 대체하는 자동 프로파일 생성 및 곡면 생성 프로그램이 필요하다.

Fig. 5는 터빈발전기의 회전 블레이드이다. 이것은 3개의 영역으로 구분되며, 각각 치수와 프로파일로 정의된다. 두 개의 블레이드는 동일 타입으로 각각 별도

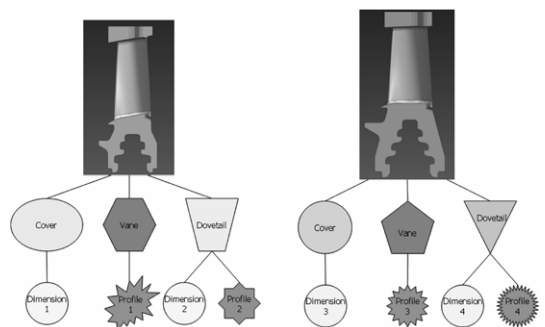


Fig. 5. Generation of new model with replacing dimensions and profiles.

로 모델링 할 필요 없이 왼쪽 블레이드를 정의하는 치수와 프로파일을 오른쪽 블레이드용으로 대체하면 파라메트릭 모델링에 의해 손쉽게 구할 수 있다.

시스템의 개발로 블레이드의 3차원 형상을 자동으로 모델링 했으며, 도면 작업에서도 대부분의 수작업 요소를 제거하여, 평균 75일 소요되던 블레이드 설계 시간이 50시간으로 단축되었으며, 품질 개선에 많은 효과를 볼 수 있었다

4.3 블레이드 설계^[21]

유입된 증기의 흐름을 안내하는 역할을 하는 고정 블레이드와 증기에 의해 회전하는 회전 블레이드는 발전기의 성능과 효율에 많은 영향을 미친다. 블레이드의 설계는 공력설계시스템에서 생성된 점 데이터를 이용하여 기본 형상을 모델링하고 강제해석을 통하여 최종 형상이 결정된다. 그런데 블레이드 곡면 모델링의 경우 많은 점 데이터의 입력 및 곡면 생성을 위해 자동 모델링 기능이 요구된다. 그리고 강제해석 시스템에 입력하는 정보는 블레이드의 단면 정보로서 이것 또한 수작업에 의한 처리가 번거롭다. 따라서 터빈 발전기내에서 중요한 역할을 담당하고 있는 두 개의 블레이드 곡면을 자동으로 모델링하고, 강제해석 시스템의 입력 데이터를 생성하는 시스템을 개발하였다.

시스템의 현업 적용으로 공력설계 시스템에서 생성된 점 데이터에서 강제해석용 입력 데이터가 자동 생성되어 상당 부분의 수작업을 제거하는 효과를 보았으며, 설계 시간의 대부분을 블레이드의 성능과 효율 향상에 투입될 수 있는 환경이 마련되었다

4.4 로터 설계

터빈발전기의 로터 설계는 3차원 모델을 이용하여 동특성 해석, 원심력 및 변형률 등을 계산하는 과정과 4가지 제작 공정별 도면 작성 과정으로 이루어진다. 공정별 도면은 각각 단조도(forging), 황삭도(gashing), 정삭도(finish), 그리고 조립도(assembly)이다. 단조도는 로터의 단조 소재 발주용 도면으로 로터의 완성 형상에 단조 여유를 추가한 것이다. 그리고 황삭도는 로터의 황삭 가공 형상을 표현한 것이며, 정삭도는 로터의 최종 형상용 도면이다. 마지막으로 조립도는 블레이드 등 로터에 조립되는 모든 부품을 표현한 것이다. 대형 가공물인 로터의 제작 불량은 막대한 비용 및 시간 손실을 초래하기 때문에, 터빈발전기의 타 부품에 비해 더 신중하게 도면을 작성하는데 각 도면의 내용 또한 비교적 복잡하여 도면 작성 시간이 평균 3개월 정도 소요되어 터빈발전기의 제작 납기에 많은

영향을 미친다. 그런데 도면 작성 시간의 대부분을 각 도면에 필요한 치수선의 삽입과 많은 상세도 작성 작업이 차지하기 때문에 이것을 자동 처리하면 도면 작성 시간을 상당히 단축할 수 있으며 이를 위한 방법을 제안하여 로터용 설계 시스템을 개발하였다. Fig. 6은 조립도와 그것으로부터 추출한 외형선이다.

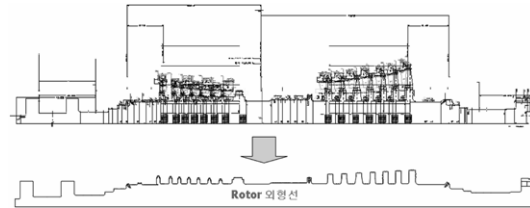


Fig. 6. The outer profiles of a rotor.

개발된 시스템의 현업 적용으로 수작업으로 진행하던 대부분을 자동으로 처리하게 되어, 로터 기능 향상 등 설계 본연의 업무에 더 많은 시간을 보낼 수 있게 되었으며, 입력 오류 등의 설계 불량 원인도 제거하는 효과를 보게 되었다. 이로 인해 종전 3개월 가량 소요되던 로터 시간이 1개월로 단축되어 터빈발전기 전체 납기 준수에도 큰 도움이 되었고, 설계 비용 또한 상당히 절감되었다

4.5 판재 부품의 소재 정보 추출^[22]

터빈 발전기에는 많은 판재 부품(sheet metal parts)이 있다. 판재 부품의 소재를 발주하기 위해서는 제품의 어셈블리 데이터에서 판재 부품들을 선별하고 전개한 다음, 이를 네스팅(nesting)하여 필요한 소재량을 파악하여야 한다. 발전기 등과 같은 복잡한 대형제품인 경우에는 부품수가 많기 때문에 수작업으로 판재 부품을 선별하고 전개하는 데는 많은 시간이 소요된다. 또한 네스팅 작업 역시 설계자의 현업 노하우를 바탕으로 수작업으로 진행되는 경우도 많고, 네스팅 전용 시스템을 사용하고 있는 경우에도 부품 형상, 두께, 수량, 재질 등의 정보를 네스팅 시스템의 입력 포맷에 맞추어야 하며, BOM도 시스템의 입력 자료용으로 별도로 작성해야 하는데 이를 수작업에 의존하는 경우에는 많은 시간이 소요된다.

따라서 이러한 판재 부품 선별 및 전개 과정과 데이터 변환 작업을 자동처리로 업무 효율을 향상시킬 수 있는 시스템을 개발하였다. Fig. 7은 시스템의 기본 개념을 보여주고 있다.

본 시스템은 현장에서 터빈 발전기 등에 적용하였는바 대부분의 수작업 요소를 제거하여, 평균 7일정

도의 견적 산출 시간을 5시간 내외로 단축시키는 효과를 보게 되었다. 또한 이는 전체 제작 납기 단축의

효과도 클 것으로 예상하고 있다. 그 결과, 본 시스템은 터빈 발전기나 대형 보일러 외에 유사한 공정을 갖고 있는 대형 설비 생산에 계속해서 보급될 계획이 있다.

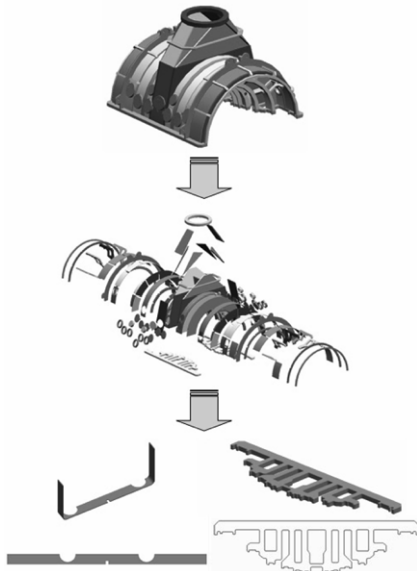


Fig. 7. Overall procedure for extracting information.

5. 사례분석

본 연구에서는 미공군 조종사들이 실시하고 있는 디브리핑 기법²³⁾을 이용하여 기존 개발 내용 및 환경을 분석했다. 미공군 조종사들은 행동을 취하기 전에 이를 브리핑하고, 나중에 무엇을 잘했고, 다음에는 무엇을 하지 말아야 할지를 체계적으로 보고하는 자리인 디브리핑(debriefing)을 갖는다. 이렇게 함으로써, 일선에 있는 사람들이 그 다음에 같은 임무를 수행하는 팀에게 실용적인 정보를 전달하여 더 나은 성과를 내고, 최종적으로 임무를 완벽히 수행할 수 있게 된다. 현재 일부 기업에서는 이 디브리핑 기법을 벤치마킹하여 기업 경영에 운영하고 있다. Table 1은 분석 내용을 정리한 것이다.

분석을 위해 먼저 시스템 별로 계획된 개발 기간의 일정 준수율을 기준으로 시스템 개발에 영향을 미친

Table 1. Analysis of design automation systems

| 시스템 | | Steam Path | Bucket | Blade | Rotor | Casing (판재정보 추출) |
|-------------------|----------|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 항목 | 업무 표준 여부 | ○ | × | ○ | × | ○ |
| 설계 담당자 | 2D 설계 경력 | 12년 | 15년 | 0년 | 10년 | 8년 |
| | 3D 설계 경력 | 0년 | 0년 | 5년 | 0년 | 5년 |
| 개발 시스템과 3D 능력 연관성 | | 낮음 | 매우 높음 | 보통 | 보통 | 높음 |
| Input | | · Blade 3D Model · 치수 데이터 | · 치수 및 프로파일 데이터 | · Point Data | · 터빈발전기 조립도 · 치수 데이터 | · 3D Assembly Model |
| Library 구축 | | 해당사항 없음 | · Bucket 원형모델 | 해당사항 없음 | · 치수 DB · 상세도 Template | 해당사항 없음 |
| Output | | · 5축 NC Data | · Bucket 3D 모델 & 제작 도면 | · Blade 3D Model · Section Data | · 공정별 제작도면 (4개 공정) | · 판재부품의 외형선 & BOM |
| 관련 시스템 | | · 5축 Water-Jet M/C | · 설계 데이터 DB | · 강체해석 시스템 | · 설계 데이터 DB | · 네스팅 시스템 |
| 개발 과정의 문제점 | 시행 착오 | · 5축 M/C의 Kinematic Modeling | · bucket의 원형모델링 작업 & 관련 기능구현 | · 곡면 모델링 · Section Data 생성 | · 상세도 Template 작업 | 해당사항 없음 |
| | 애로 사항 | · 굽혀진 후판의 구멍형상 전개 | · 자유부품 모델의 자동생성 | · 곡면 연장 | · 치수선 정의 · 상세도 자동생성 | · 판재부품의 선별 |
| 수작업 | | 해당사항 없음 | · 도면 view 일부 편집 · 각종 view 및 치수선 재배치 | 해당사항 없음 | · 각종 view 및 치수선 재배치 · 일부 치수선 생성 | 해당사항 없음 |
| 계획된 개발기간 | | 4개월 | 12개월 | 2개월 | 4개월 | 3개월 |
| 추가 개발기간 | | 0.5개월 | 6개월 | 없음 | 0.5개월 | 없음 |

요소들을 파악하였으며, 그 결과 다음과 같은 요소들을 찾아 낼 수 있었다.

- 1) 해당 업무의 표준화 여부
- 2) 설계 담당자의 설계 경력 및 3차원 설계 능력
- 3) 시스템의 기능과 설계자의 3차원 설계 능력과의 연관성
- 4) 필요한 기능을 구현하기 위한 핵심 기술의 난이도와 산출물 사양

해당 업무의 표준은 시스템의 산출물을 생성하기 위한 내용과 절차를 포함하는 중요한 자료다. 그런데 이것이 체계적으로 정리되어 있지 않으면, 시스템의 개발을 위해 해당 설계 업무를 파악하고 정리하는 과정이 필요하다. 경우에 따라서는 전문가의 컨설팅을 통한 업무 개선 및 표준화 작업을 선행하기도 하지만, 추가 비용의 부담 등으로 인해 대부분 개발 과정에서 이 작업이 이루어진다. Table 1의 개발 사례 중에서 일정 준수율이 제일 낮은 버켓 시스템은 구현 형상과 절차가 복잡한 데 비하여, 개발에 관련된 대부분의 내용을 설계자의 설명에 의존함으로써, 시스템에 필요한 전체 내용을 제대로 파악하지 못하였고, 그 결과 시스템의 각 기능 선정 및 개발 과정을 여러 차례 반복하였다. 반면에 스팀 패스(Steam Path), 블레이드(Blade), 그리고 케이싱(Casing) 시스템의 경우는 설계자가 제시한 업무 표준을 이용하여, 주어진 입력을 CAD/CAM 이론을 바탕으로 시스템을 구현하여 산출물을 생성하는데 문제가 없었다.

설계담당자의 해당 분야에 대한 경력과 3차원 시스템의 활용 능력 또한 중요한 변수로 작용하였다. 설계 경험이 적은 설계자일수록 자신의 업무를 시스템에 의해 해결하려고 하는 경향이 있는데, 설계는 설계자의 판단에 의해 진행되는 작업이고, 그 작업 중에서 단순·반복 작업이나 업무의 중요성에 비해 시간이 상대적으로 많이 소요되는 작업을 설계자동화 시스템이 대신 처리하는 것이므로 시스템에 의해 설계업무를 모두 수행할 수 있다고 생각하는 것은 무리다. 심한 경우는 상용 시스템에서 지원하는 기능임에도 불구하고, 약간의 편리성을 위해서 별도의 기능 등을 요구함으로써 핵심 기능 구현에 필요한 많은 시간들을 소모하는 경우도 있었다.

그리고 스팀 패스 시스템과 같이 설계자가 시스템에 필요한 자료를 입력하고 나면 NC 데이터를 생성하는 과정은 개발된 알고리즘에 의해 처리됨으로 잘못된 산출물은 프로그램의 수정으로만 해결이 가능하지만, 자동화 시스템에 의해 생성된 모델의 형상 일부

분이 잘못된 경우에는 설계자가 상용 시스템의 기능으로 해당 부분의 치수나 프로파일을 수정하여 문제를 해결할 수 있다. 그러나 이를 위한 설계시스템의 활용 능력이 없어 개발자에 의해 문제 해결이 될 때까지 업무가 중단되는 경우도 많았다.

그리고 필요한 기능을 구현하기 위한 핵심 기술의 개발도 시스템 개발에 많은 영향을 끼친다. 스팀 패스 시스템의 경우, 판재상태에서 가공하는 홀 형상은 굽혀진 후판의 홀 형상을 전개하여 구해야 한다. 대부분의 상용 설계시스템에서는 전개 기능을 별도의 옵션으로 제공하고 있기 때문에 추가로 구입해야 하며, 설사 이 기능을 사용하더라도, 홀 내부의 형상이 곡면으로 이루어져 있기 때문에, 설계 시스템의 전개 기능으로는 원하는 결과를 얻기가 어렵다. 따라서 CAE 시스템의 해석을 통하여 원하는 형상을 구할 수 밖에 없는 처지였는데 변형 형상을 구해야 하는 홀의 수가 많으므로 이 방법 역시 채택할 수 없었다. 이러한 상황에서 개발 자체를 포기할 수도 있었으나, 홀 형상의 근사 알고리즘을 개발하여 그것을 시스템으로 구현한 결과 기대한 효과를 얻을 수 있었다.

그리고 버켓 시스템의 경우 그것의 완성 형상은 자유곡면을 포함할 뿐만 아니라, 130여 개의 모델링 절차에 의해 완성된다. 각 모델링 절차에 해당하는 기능을 매크로 방식으로 하나씩 구현하여 완성할 수 있다고 생각할 수도 있지만, 각 기능을 구현하기 위해 설계자가 손으로 지정하는 모서리나 면들과 같은 엔티티들을 geometric processing 과정을 거쳐 자동으로 선별하기에는 경우의 수가 많기 때문에 그 모두를 프로그램으로 처리하는 것은 현실적으로 어렵다. 따라서 기존 편집설계 방식대로 버켓 원형을 먼저 모델링하고 치수 변경으로 새로운 형상을 얻을 수 있도록 시도하였으나, 그것에 포함된 자유곡면은 치수의 수정으로 변경되지 않으므로 가능한 방법이 없어 보였다. 그러나 상용 시스템에서 지원하는 파라메트릭 모델링 기능들을 제조사한 결과 자유곡면의 프로파일 또한 정형화된 형상의 치수와 마찬가지로 시스템에서 그 정보를 그대로 보유하고 있고, 교체 또한 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 이뿐만 아니라 연계된 시스템을 위한 산출물의 포맷 결정 여부나 시스템의 구현을 위해 필요한 각종 라이브러리의 구축 등이 시스템 개발에 많은 영향을 미친다.

6. 결 론

무한경쟁 속에서 기업들은 생존을 위한 각고의 노

력을 기울이고 있으며, 설계부서를 중심으로 전개되던 많은 개선 활동들이 제품 개발의 전 과정에 걸쳐 확대되고 있다. 제품설계 및 개발 정보의 통합과 활용을 위한 PDM 시스템의 도입이 대기업을 중심으로 증가하고 있으며, 생산 공정의 합리화와 효율적인 관리를 위해 디지털 생산 시스템(Digital manufacturing system)도 일부 도입되고 있는 추세이다. 그런데 이들 시스템의 핵심 정보는 설계에서 시작됨으로 설계의 뒷받침 없이는 도입효과를 누릴 수 없다.

한편, 설계부서는 3차원 설계시스템을 활용하여 기존 2차원 설계보다 나은 환경하에서 업무를 수행하고 있다. 그런데 대부분의 경우 3차원 형상 구현 등 설계 시스템의 기능에만 의존한 나머지 제품 개발을 관장하고 후공정에 필요한 다양한 정보 처리 등을 고려한 설계 인프라의 구축이 미비하여 전체 프로세스의 효율이 낮은 편이다. 이러한 환경하에서의 제품 개발로는 글로벌 경쟁에서 우위를 점하기 어렵다. 그러므로 설계 자체의 경쟁력 확보와 도입되고 있는 타 시스템과의 높은 시너지 효과를 내기 위해 현시점에서 제품의 3차원 설계를 재검토하고 더 나은 환경을 구축하기 위한 노력이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 3차원 설계환경 구축과 설계자동화 시스템의 개발 절차 및 방법을 제안하였다.

설계환경 구축의 절차와 방법은 가전기기, 오토바이, 전기부품, 위생도기, 사출 및 다이캐스팅 금형업체 등 다양한 업종을 대상으로 실시한 프로젝트와 컨설팅 내용을 체계화한 것으로 주요 내용은 설계시스템의 도입, 3차원 설계자 육성, 설계프로세스 구축 및 설계환경 안정화이다.

그리고 설계자동화 시스템 개발을 위한 절차와 방법을 제안하였다. 기존 연구나 본 연구에서 소개한 것처럼 설계자동화는 대부분의 단순·반복적인 수작업을 자동처리하고, 복잡하고 까다로운 모델링이나 도면 작업을 간소화시켜 설계 시간 단축 및 설계 품질 향상에 많은 기여를 해왔다. 그러나 설계자동화에 관한 기존 연구와 현업에 적용되고 있는 설계자동화 시스템이 많음에도 불구하고, 시스템 개발을 위한 일반적인 절차와 방법에 대한 연구가 전무하여, 개발 경험이 많지 않은 개발자는 현업의 요구를 만족시키기 위해 개발 과정에서 많은 시행 착오를 겪게 되고, 개발 경험이 많은 개발자 역시 개발의 주요 단계나 항목을 점검할 수 있는 체크리스트가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 이를 개선하기 위해 시스템 개발 과정에서 제기된 여러 문제점을 분석하여, 원활한 현업적용과 기대효과를 달성할 수 있는 설계자동화 시스템 개발

절차 및 방법을 제안하였다. 그리고 이 방법을 토대로 개발한 시스템의 사례를 소개하고 설계자동화 시스템의 개발 효과를 제시하였다.

본 연구에서 제안한 설계환경 구축과 설계자동화를 위한 절차와 방법이 제품 설계 및 개발분야에 적용되어 보다 많은 성과를 내기 위해서는 설계부서에 한정되어 있는 제안들을 가공과 조립 등의 생산 전 부분에 까지 확대 적용할 수 있는 연구가 진행되어야 하며, 제품개발 전 부분의 시너지 효과를 위해 설계자동화 시스템과 PDM, ERP, DM 시스템간의 제품개발 정보의 호환성을 높이고, 나아가 이것을 통합 관리할 수 있는 방법에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 제러미 리프킨, “노동의 종말”, 민음사, 1995.
2. 전차수, 김영일, 김리라, “인터넷 기반 Shop Floor CAM 시스템 개발”, 산학연 컨소시엄, 2006.
3. Li, W. D., Lu, W. F., Fun, J. Y. H. and Wong, Y. S., “Collaborative Computer-aided Design - Research and Development Status”, *Computer-Aided Design*, Vol. 37, No. 7, pp. 931-940, 2005.
4. 이상준, 이수홍, “특징형상 기반 자동차 전장도면설계 시스템 개발 연구”, 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제1권, 제3호, pp. 177-188, 1996. 12.
5. 황용근, 박용식, 광규호 외, “발전기 설계자동화 시스템 개발”, 2000 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 51-55. 2000.
6. 이상혁, 강희석, 윤태석, 류승태, “CRT부품 설계자동화 시스템 개발”, 2000 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 57-61, 2000.
7. 이광일, 정승용, 조희봉, 강제관, “자동차 현가 및 조향장치 부품설계 자동화 시스템 개발”, 2002 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 13-16, 2002.
8. 김석렬, 이상현, 정연경, 이상화, 김형준, “3차원 지그 설계를 위한 부품 라이브러리 구축 및 도면 작성 편의 기능의 개발”, 2004 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 131-140, 2004.
9. 장광섭 외, “CATIA V5를 이용한 자동 Parametric 모델 생성 시스템의 구현”, 2004 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 567-575, 2005.
10. C4 기술을 이용한 BO 제품 개발 완료보고서, LG 전자, 2006.
11. 대림자동차 3D 설계 프로세스 구축 완료보고서, 대림자동차, 2003.
12. 제일전기공업 3D 설계 프로세스 구축 완료보고서, 제일전기공업, 2003.
13. 대림요업 CAM 프로세스 구축 완료보고서, 대림요업, 2003.
14. 신성델타테크(주) LCD공장 3D 금형설계 프로세스 구축 완료보고서, 신성델타테크(주), 2003.

15. 대립자동차 금형설계 프로세스 구축 완료보고서, 대립자동차, 2004.
16. 미래산업(주) 3D 금형 설계 프로세스 구축 완료보고서, 미래산업, 2004.
17. 하성도, "CAD 작업자들이여 단결하라!", 한국 CAD/CAM학회지, 제6권, 제3호, pp. 9-13, 2000.
18. 사출금형용 3D 금형설계 시스템 개발 보고서, LG 전자 금형공장, 1999.
19. 김영일, 김덕수, 전차수, "터빈발전기의 Steam Path 전용 CAD/CAM 시스템", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제10권, 제4호, pp. 254-261, 2005.
20. Kim, Y.-I., Kim, L.-R. and Jun, C.-S., "Parametric Design of a Part with Free-form Surfaces", *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, Vol. 7, No. 9, pp. 1530-1534, 2006.
21. 김영일, 임홍식, 전차수, "터빈발전기의 Blade 전용 CAD 시스템", 2006 한국 CAD/CAM학회 학술발표회논문집, pp. 381-386, 2005.
22. 김영일, 전차수, "솔리드 모델을 이용한 판재 부품의 소재 정보 추출", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제11권, 제5호, pp. 344-350, 2006.
23. Glen, U., *Flawless Execution*, Regan Books, 2005.



김영일

1991년 경상대학교 산업시스템공학과 학사
 1996년 경상대학교 산업시스템공학과 석사
 2007년 경상대학교 산업시스템공학과 박사
 1996년-1999년 LG전자 생산기술센터 금형팀

1999년-2001년 나라엠앤디(주) M/D설계팀
 2001년-2006년 (주)효원시스템 CAD/PLM팀
 2006년-현재 (주)씨테크시스템 기술연구소
 관심분야: 3D Product Development Process, PLM



전차수

1983년 부산대학교 기계공학과 학사
 1985년 한국과학기술원 산업공학과 석사
 1989년 한국과학기술원 산업공학과 박사
 1989년-현재 경상대학교 산업시스템공학부 교수
 1993년-1994년 Purdue University 객원연구원

2001년 North Carolina State University 객원연구원
 관심분야: Geometric modeling, NC machining, CAD/CAM, e-manufacturing