

## 굴삭기 Front Group 설계 초기값 제안 모듈 개발

전기현\*(연세대 대학원 기계공학과), 이수홍(연세대 기계공학과), 노태성(AMS㈜),  
김성태(AMS㈜)

### A Development of Design Initial Value Module for a Front Group of an Excavator

K. H. Jeon(Mechanical Eng. Dept., Yonsei Univ.), S. H. Lee(School of Mechanical Eng., Yonsei Univ.),  
T. S. Noh(AMS(Co.)), S. T. Kim(AMS(Co.))

#### ABSTRACT

Despite all efforts, many product development projects fail and lead to an introduction of products that do not meet customers' expectations. In general, designers usually relies upon their past experiences of similar products as a source of design knowledge when they work on a new design project. Designers need a set of practical step-by-step tools and methods which ensure a understanding of customers' needs and requirements, as well as a past design experience knowledge. In this paper we propose a design initial value module for an excavator that proposes a key initial design parameter value in an early design stage to improve a design process on Customer Requirements. It makes possible to support designers more effectively, objectively, and easily. Also it can propose better products in terms of a customer satisfaction.

**Key Words :** Customer Requirement Analysis(고객 요구 분석), Design Information Management(설계 정보 관리), Knowledge Based Design(지식 기반 설계)

#### 1. 서론

최근 기업에서는 효율적 설계방법론을 도입하여 제품의 개발기간을 단축하고 적시에 저가, 고품질의 제품을 시장에 출시하는 것을 기업경영에 중요한 문제로 생각하고 있다. 또한 눈부신 기술발전의 속도와 고객 기호의 다양성 및 빠른 변화로 인한 고객의 요구를 파악하는 것도 중요한 사항이 되었다. 제품개발을 효율화하기 위해 기업에서는 제품의 초기 개념설계 단계에서부터 상세설계, 해석, 시험, 가공, 생산 및 품질관리, 마케팅까지의 모든 단계를 효율적으로 이루어지게 하고자 한다. 특히 철저한 사전조사에 의한 고객의 요구사항 파악에 대한 정보의 수집과 분석을 통해 제품 설계 방향의 정확한 선정과 그에 따른 제품 설계 작업 기간의 단축은 설계자 입장에서 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 하지만 제품 초기 설계단계의 설계자들에게 주어지는 것은 고객들의 다양한 요구에 대한 불명확한 설계변경 목표와 이에 대한 불충분한 설계정보들뿐이

다. 이런 불명확한 개념에 의해 초기 단계에서 상세설계로의 전환에 문제가 발생하게 된다. 그림 1은 초기 설계 단계에 충분한 설계 고려를 하지 않아 생기는 설계 악순환을 보여주고 있다.

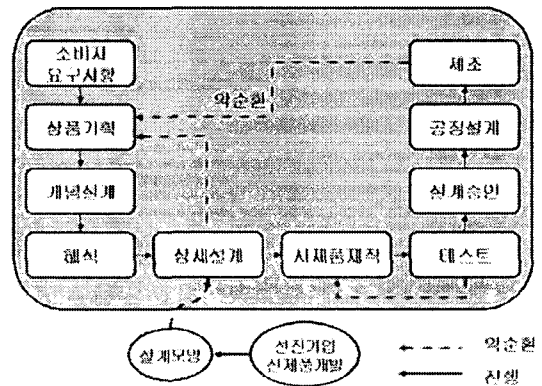


Fig. 1 A General Design Process<sup>1)</sup>

효율적이고 목표 지향적인 초기 설계를 위해, 불

명확한 개념의 고객 요구를 명확한 설계자 입장에서의 기능적 요구사항으로 변환이 필요하며, 이에 따른 과거 전문가들에 의해 수행된 설계들의 참조가 필요하다. 전문가의 지식과 경험이라는 것은 발생한 많은 사례들로부터 얻어진 결과이기 때문에 초기 설계에 있어 유용한 정보들을 제공할 수 있을 것이다. 따라서 제시된 목표에 대한 초기 설계안 도출의 통합적 지원이 가능한 시스템을 통해 효율적인 초기 설계를 할 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 통합적 지원이 가능한 지식기반 환경 하에서의 초기 설계안 도출을 위한 방법론을 제시하고자 한다. 이를 위하여 세 가지 단계로 나누어 연구를 수행하고자 한다. 첫째, 고객 요구 분석단계이다. 고객의 요구사항을 설계에 있어서 요구사항 수행을 위한 설계자 입장에서의 기능적 요소로 변환을 수행한다. 둘째, 과거의 설계 전문가들이 수행하였던 설계 정보들을 검색, 저장하는 설계 정보관리 단계이다. 셋째, 지식기반에 의한 설계 초기 값 제안 단계이다. 이전 단계에서 정보 검색을 기반으로 고려해야 할 기능적 요소를 감안한 지식기반 설계를 수행함으로써 효율적인 초기 설계를 진행하도록 한다.

대상은 대표적인 건설 중장비인 굴삭기이며, 적용 범위는 붐, 암, 버킷으로 구성되는 굴삭기 프론트 그룹으로 제한하였다. 굴삭기 프론트 그룹은 각 요소가 이루는 관계가 복잡하고 사용 용도에 따른 고객들의 요구사항이 다양하기 때문에 본 연구에서 제안하고자 하는 방법론 적용에 적합한 대상이라고 판단된다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 설계 지원 시스템

급변하는 비즈니스 환경에 성공적으로 대처하기 위하여 기업에서는 저비용 고효율의 제품개발능력을 확보하고, 신속하고 효율적으로 새로운 제품을 연구 개발하여 생산할 수 있는 종합적인 개발체제를 갖추어야 한다. 많은 기업들이 제품개발환경 개선을 위해 개념설계에서부터 개발, 제조, 서비스에 이르는 제품의 개발 프로세스 전반에 걸쳐 발생하는 복잡하고도 다양한 제품정보와 업무 프로세스를 시스템화하여 각종 정보들을 공유하고 자료를 재생성할 수 있는 PDM 시스템을 사용하고 있다.<sup>[1]</sup>

이동만 등은 설계 연구 분야의 각종 정보시스템들과 PDM 시스템을 통합 구축하여 제품개발 조직과 프로세스를 혁신하고 제품개발환경의 개선을 위한 연구를 수행하였다.<sup>[2]</sup>

배태규는 수작업으로 설계되는 선박의 설계 작업 환경을 개선하기 위하여 인터넷 기반의 환경을 기반

으로 설계사무소와 조선소간의 네트워크를 통해 초기설계 지원시스템을 구현하였다. 설계자가 인터넷을 통해 원격지에서도 설계정보를 입, 출력하고, 설계개선에 대한 설계 정보를 쉽게 검색하고 공유할 수 있도록 하여 설계생산성 향상에 대한 연구를 수행하였다.<sup>[3]</sup>

본 연구에서는 제품 개발과 업무를 동시에 수행하고 자료를 공유하며, 정보를 필요로 하는 사람들에게 적시에 제공함으로써, 빠르게 변하는 상품 시장의 요구에 신속히 대응할 수 있게 하고자 한다. 이를 위해 정보 관리 측면을 주된 기능으로 하여, 정보의 무결성을 보장하고 정보를 통합, 관리함으로써 통합적 설계 지원시스템을 구축하고자 한다.

### 2.2 지식 기반 설계(KBD)

지식기반설계(Knowledge-Based Design)는 제품에 관련된 지식, 즉 제품을 설계, 해석, 생산하는데 사용되는 기술에 대한 지식을 하나의 특수한 제품 모델 속에 포함시키고자 하는 설계 방법론이다.

제품 모델로 수집, 저장된 제품에 관련된 설계 정보를 이용하여 설계자는 제품 모델에서 요구되는 입력정보를 변경하는 작업만으로 신속하고, 용이하게 새로운 제품 설계를 만들어 낼 수 있으며, 제품 모델을 확장, 변경하여 설계변경을 할 수 있다. 이는 반복적인 계산 작업 등과 같은 시간 집약적인 엔지니어링 업무로부터 설계자들을 해방시켜 좀 더 창조적인 설계 작업에 시간을 할애 할 수 있도록 한다.<sup>[4]</sup>

이런 지식 제공을 통한 설계의 효율성을 높이고자 하는 연구가 많이 진행되었다. 특히 효율적인 지식제공을 위하여, Johannsen, G.는 설계자에게 엔지니어링 지식을 지원할 수 있는 인터페이스 개발에 대한 연구를 수행하였다.<sup>[5]</sup> 그러나, 이러한 지능형 모델을 생성하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하며 특히 설계초기의 핵심인 개념설계(Conceptual Design)에 대한 지원은 하지 못하고 있다.

이러한 문제점을 해결하고자 전상민은 개념설계 단계에서는 기능기반설계(FBD)<sup>[7]</sup>를 적용하고, 이후 상세설계 단계에서는 지식기반설계(KBD)를 적용하여 각각의 설계 방법론이 가지는 장점을 획득하여 빠르고 효율적인 제품 설계 및 설계 변경이 가능한 하이브리드설계 시스템을 제시하였다.<sup>[8]</sup> 또한, MIT의 Sriram 등은 제품설계업무가 비구조적인 문제의 성격을 지니며 많은 노련한 설계자들은 스스로의 판단과 경험을 토대로 문제를 해결한다는 점을 지적하면서 이러한 환경에 적합한 방법론을 제공하는 지식기반 기법을 이용한 설계 자동화 시스템을 개발하였다.<sup>[9]</sup>

본 연구에서는 QFD<sup>[10]</sup> 분석을 이용하여 기능기반설계가 담당하던 초기 설계를 위한 변수 관계 정

립을 수행하고, 이후 지식기반설계를 적용하여 빠른 초기 설계를 수행하도록 설계 자동화 시스템을 구현하고자 한다.

### 3. 굴삭기 Front Group 초기값 제안

#### 3.1 굴삭기 레이아웃 설계

굴삭기는 작업의 다기능성과 고효율성 등으로 인해 건설 현장에서 널리 사용되고 있는 건설 중장비이다. 굴삭기의 전체 시스템은 굴삭기 전체 하중을 지면으로 전달하는 하부 프레임(under-frame), 작업부와 하부 프레임을 연결하는 상부 프레임(upper-frame), 버킷에 힘을 전달하는 작업부, 굴삭력의 향상을 위한 링크부, 구동력을 발생시키는 구동 실린더부로 나눌 수 있다.

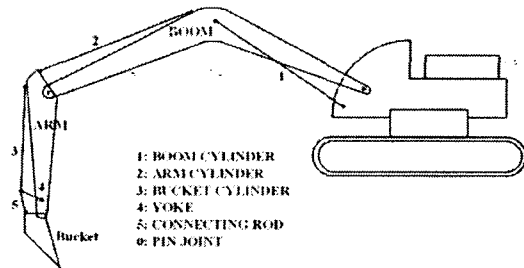


Fig. 2 A Front Group of an Excavator<sup>[11]</sup>

작업부위는 그림 2에서 보는 바와 같이 크게 붐, 암, 버킷으로 구성되어 있으며, 이를 작동시키는 구동 실린더들이 부착되어 있다. 이들을 프론트 그룹이라고 한다. 굴삭기 설계 시 프론트 레이아웃과 시스템 레이아웃이 따로 수행된다.

레이아웃 설계 시 각 부품들이 이루는 링크지 편 포인트가 가장 기본이 된다. 하지만 프론트 그룹을 이루는 요소들은 표준 모델 이외에 추가적 옵션을 고려하여 설계해야 한다. 붐의 옵션은 2~3개, 암의 옵션은 4~5개, 버킷의 옵션은 작업 환경에 따라 다양하다. 이들이 어셈블리 되었을 때의 간섭 및 사양에 따른 링크지 편 포인트를 고려해야 하므로, 설계의 계속적 반복 작업을 수행해야만 한다. 이로 인해 레이아웃 단계에서 많은 설계 시간을 필요로 하게 된다. 전체 굴삭기 개발기간이 24개월이라고 한다면 Front 개발기간은 레이아웃에서 상세도면 도출까지 6~7 개월이 소요된다. 이중 레이아웃이 7~80%를 차지한다. 이처럼 각 부품의 옵션들의 추가로 인한 간섭여부 파악이 중요하기 때문에 레이아웃 설계에 있어서 작업 범위를 그린 후 포인트를 선정해야 한다. 따라서 탐다운 방식에 의해 레이아웃을 그린 후 각 요소를 연결하는 편 포인트를 설정하게 된다. 그림 3은 프론트 그룹 설계 수행 순서이다.

굴삭기의 고객들이 다국적화되고, 사용목적도 다양해졌다. 수출하는 나라에 따른 수출 관련 규제에 따라야 하며, 사용자들이 표준 모델의 사용만을 사용하는 것이 아닌, 사용 목적에 맞게 여러 종류의 설계 사양을 고려해야 한다. 철저한 사전조사에 의한 고객의 요구사항 파악에 대한 정보의 수집과 분석을 통해 제품 설계 방향의 정확한 선정과 그에 따른 제품 설계를 하여야 한다.

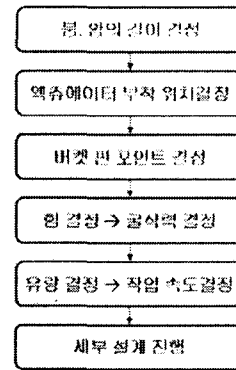


Fig. 3 Design Activities

본 연구에서는 설계자 입장에서 고객의 요구를 반영하는 굴삭기 Front Group설계의 통합적 지원이 가능한 지식 기반 환경 하에서의 초기 설계안 도출을 위한 방법론을 제시하고자 한다.

#### 3.2 방법론

굴삭기 프론트 그룹 설계 시 통합적 지원이 가능한 초기값 제안을 위해서 그림 4와 같이 고객 요구 분석, 설계 정보 관리, 지식 기반 설계의 세 가지 기능으로 나누어 수행하고자 한다.

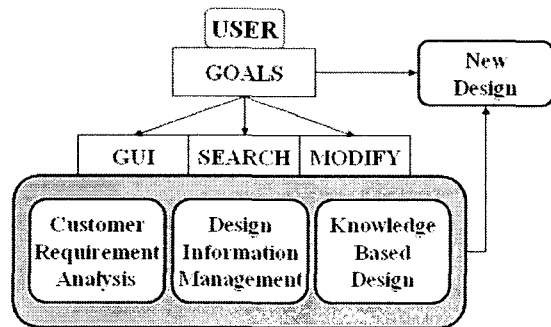


Fig. 4 System Functions

##### 3.2.1 고객 요구 분석

모든 유. -형 제품의 성공적인 개발을 위해서는 제품을 필요로 하는 고객의 요구를 정확히 파악하고

분석하여 제품이 필수적으로 갖춰야 하는 기능만을 정의하여야한다. 설계자는 그 정의에 따라서 요구되는 기능을 충실하게 구현할 수 있는 설계를 구상하며, 그 설계를 구체화 할 수 있는 최적의 공정을 선정하고,

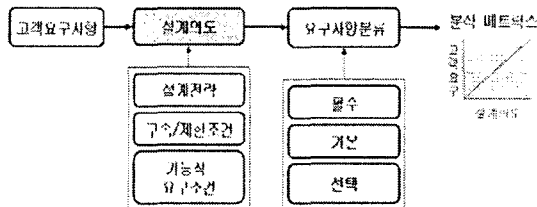


Fig. 5 Customer Requirements Analysis

이를 위하여 그림 5와 같이 고객의 요구사항을 설계자의 설계 전략, 구속/제한조건, 기능적 요구조건에 의하여 필수적 사항, 기본적 사항, 선택적 사항으로 분류한다. 이후 분류된 고객 요구와 설계 의도에 대한 관계 매트릭스를 도출하여 요구에 대한 구현 기능과의 정확한 관계를 파악한다. 이러한 관계 파악에서 분류 과정이 설계자의 주관적 행위가 크게 반영될 수 있으므로, 굴삭기에 대한 품질기능전개(QFD)를 수행하였다. 이를 바탕으로 고객의 요구 사항의 정확한 분석과 평가에 따른 새로운 기능적 요구조건의 선정 과정을 제시함으로써 설계 방향 선정의 객관성 및 효율성을 높일 수 있다. 그림 6은 수행된 굴삭기에 대한 QFD의 일부이다. QFD는 고객의 요구에 대한 기능적 요구, 기능적 요구에 대한 시스템적 특성, 시스템적 특성에 대한 부품의 특성으로 수행하였으며, 최종적으로 요구사항에 대한 부품 설계 변수 파악이 가능하였다.

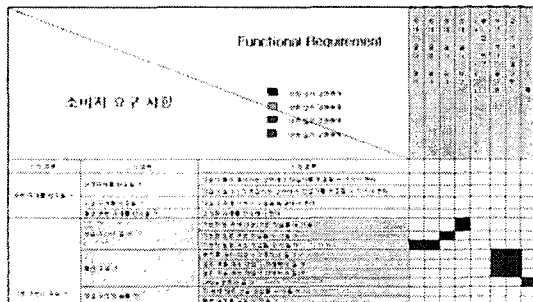


Fig. 6 QFD of an Excavator

고객 요구 분석 단계를 통해서 제품이 갖춰야 하는 기능적 요구조건을 파악하고 그에 따라 설계 변수를 선정하여 설계의 모든 과정을 체계적으로 제공한다. 일상용어로 표현된 고객의 요구사항에 대한 자료를 분석 및 분류하여 공학적 용어로 표현된 기

능적 요구조건의 효율적이고 체계적인 선정이 가능하다.

### 3.2.2 설계 정보 관리

효율적이고 목표 지향적인 초기 설계를 위해 과거 전문가들에 의해 수행된 설계정보를 참조하여 초기 설계에 있어 유용한 정보들을 제공할 수 있다. 이를 위해 설계관련 정보를 구조화된 형태로 표현하려고 하였고, 이를 새로운 상황에서의 설계안을 생성할 수 있는 방법으로 적용하고자 하였다.

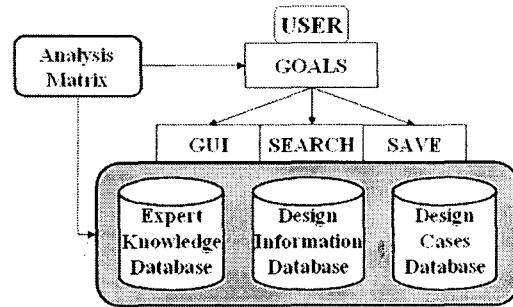


Fig. 7 Design Information Management

그림 7에서와 같이, 설계 정보 관리의 크게 세 가지 데이터베이스를 기반으로 한다. 설계 전문가의 지식 데이터베이스, 설계 정보 데이터베이스, 설계 사례 데이터베이스이다. 설계자는 사용자 인터페이스를 이용하여 고객 요구 분석 단계의 분석 매트릭스로부터의 요구사항에 대한 필수 수행 기능의 과거 설계 전문가 지식, 정보, 설계 사례들을 검색, 저장할 수 있다. 기존의 설계 사례, 정보의 활용을 바탕으로 제품 개발 단계의 설계자들에게 설계 틀을 제공하고자 한다. 더 나아가 설계 초기 개념단계에서의 여러 가지 고려 요소들을 자동화하는 틀을 제공하고자 한다.

### 3.2.2 초기값 제안

설계자는 굴삭기의 구조, 다양한 옵션, 부품간의 호환성, 신규제품 간의 호환성, 성능 등을 고려해야 한다. 기존의 설계 방식은 요소 하나를 변환한 뒤에 관련된 여러 가지 변수들을 일일이 고려해야 하므로, 선택의 폭이 너무 넓다. 실시간 선택사항을 제시하고 이에 따르는 사항까지 변화가 보여져야 한다.

이러한 제품설계가 비구조적인 문제의 성격을 지니며 많은 노련한 설계자들은 스스로의 판단과 경험을 토대로 문제를 해결한다는 점을 인식하여, 이러한 환경에 적합한 방법론을 제공하는 지식 기반 기법을 이용한 설계 자동화 시스템을 구축하고자 한다.

그림 8과 같이 설계자는 설계 정보 관리에서 참

조된 설계 사례, 정보를 바탕으로 지식 기반에 의한 설계 자동화 단계를 수행하게 된다.

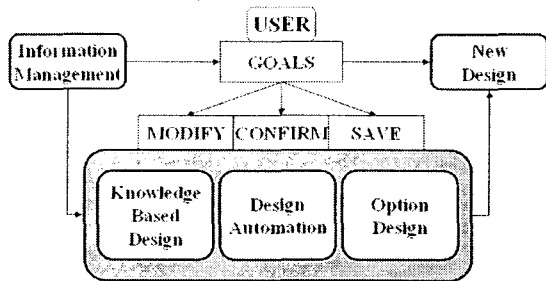


Fig. 8 Design Initial Value Proposal by KBD

사용자는 단계 별 설계를 거치는 동안 설계 지식, 정보를 제공 받아 설계를 수행한다. 또한 지식기반을 통한 설계 자동화를 통해 설계자는 초기 설계 단계에서의 선택 설계<sup>12)</sup>가 가능하다. 선택 설계는 초기 설계 단계에서 동일한 기능을 다양한 방식으로 구현하는 여러 가지의 설계 옵션들을 살펴볼 수 있도록 해 줌으로써 설계자의 의사 결정을 돕는다. 이들은 설계 옵션들을 적절한 구조로 저장하고 여기에 선택 설계를 적용하면 사례에 기초한 설계 시스템을

구축할 수 있을 것이다.

설계 자동화 시스템에 의한 단계별 설계 과정을 통해 설계자는 지식, 정보의 제공을 통한 구조, 옵션, 호환성, 성능 등에 대한 요소를 고려한 설계를 수행할 수 있다.

#### 4. 적용사례

본 연구를 위하여 굴삭기의 프론트 그룹의 링크지 편 포인트 설계를 수행하였다. 이는 제안된 방법론에 의하여 3 단계에 의해 수행하였다. 시스템 기능 구현을 위하여 CATIA의 지식 모듈인 CATIA Knowledgware와 사용자 인터페이스를 위한 MicroSoft사의 VisualBasic 6.0을 사용하였다.

먼저, 고객 요구 분석에 의한 고객의 요구사항을 설계자 입장에서의 기능적 요구로 분석하였다. 분석에 의한 고객 요구와 기능적 요구에 대한 매트릭스와 QFD에 기반 한 설계 고려 변수를 제시해 준다. 두 번째, 고객 요구에 대한 설계 기능 요구 수행을 위하여 설계 정보 관리기를 통한 기존의 설계 사례, 정보를 검색한다. 셋째, 사례를 바탕으로 지식기반의 설계 자동화 시스템에 의하여 편 포인트 설계를 진행한다.

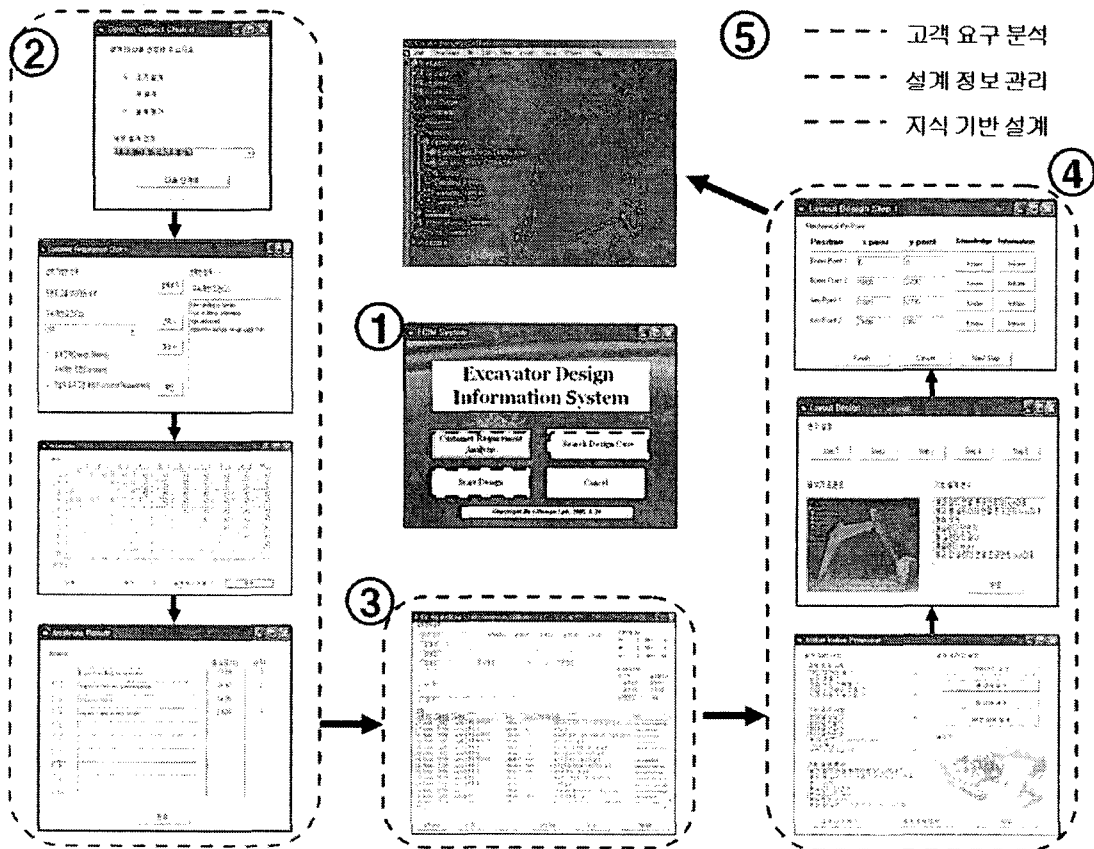


Fig. 9 Design Initial Value Proposal Total Process

이를 위해 굴삭기의 레이아웃 단계를 총 5단계로 정의하였다. 1. 붐, 암, 버켓의 핀 포인트 결정, 2. 액츄에이터 핀 포인트 결정, 3. 버켓 핀 포인트 결정, 4. 액츄에이터 지름 결정, 5. 붐, 암, 버켓의 회전 속도 결정이다. 이중 1단계인 붐, 암, 버켓의 핀 포인트 결정을 수행하였다.

설계 수행 시 전문가의 지식과 과거의 설계 정보들을 제공해주고, 설계 과정 중에 정보 관리를 통하여 지식, 정보를 수시로 저장, 검색 할 수 있다. 3 단계에 의하여 수행된 핀 포인트 설계 과정을 그림 9에서 보여 주고 있다. 그 동안 반복적 수행에 의해 수행되던 핀 포인트 선택이 간단한 요구 분류, 정보 검색, 참조, 선택만으로 손쉽게 수행되는 것을 볼 수 있다.

#### 4. 결론

제품의 기능과 성능은 과거와는 비교가 되지 않을 정도로 복잡해지고 향상되었으며 그에 따라서 제품 개발의 초기 설계 단계에서 정확한 설계의 방향 제시 문제에 대한 비중이 더욱 커지고 있다. 따라서 본 연구에서는 세 가지 사항에 대한 기능을 수행하는 설계 초기값 제안 통합지원 시스템을 구축하였다. 첫째, 고객의 요구 사항의 정확한 분석과 평가에 따른 새로운 기능적 요구조건의 선정 과정을 제시함으로써 설계 방향 선정의 객관성 및 효율성을 높였다. 둘째, 과거로부터의 전문가들의 설계 정보를 체계적으로 검색, 저장, 활용 할 수 있는 설계 정보 관리기를 만들어 정보 활용의 효율성을 높일 수 있었으며, 마지막으로 검색된 데이터를 참고하여 지식기반 설계에 의해 설계 초기값을 결정할 수 있게 하였다.

이는 굴삭기 프론트 그룹 레이아웃 설계의 초기 단계인 핀 포인트 설정에 대한 적용사례를 통해 제안한 방법론의 타당성을 확인하여 보았다.

향후 설계 시 고객의 요구사항 분석의 효율적 반영을 위한 지식, 정보의 제공 및 활용 방법에 대한 연구와 고객의 요구사항 및 QFD의 기능적 요구를 정형화된 표현 기법을 사용하여 상호 연관 관계의 도출 이력을 표현 할 수 있는 연구를 수행하고자 한다.

#### 4. 후기

본 연구는 한국생산기술 연구원의 중기거점기술 개발사업(과제번호:00116621)지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 한부학, "Product Data Management(PDM) 개념을 이용한 Engineering Information System의 구축방법", 한국경영과학회 학술대회 논문집, Vol.- No.1 , 547-553, 1994
2. CIMdata, "Product Data Management Buyer's Guide Fifth Edition", 1996
3. 이동만, 김병곤, 이규목, "PDM 시스템과 정보시스템의 통합에 관한 사례연구", 한국전문가학회 학술대회, Vol.1 No.1, 1998.
4. 배태규, "인터넷 기반에서의 선박 초기설계 지원 시스템에 관한 연구", 조선대학교, 2003.
5. 명세현, 한순홍, "설계유니트를 이용한 공작기계 조립체의 지식기반 파라메트릭 설계", 한국 CAD/CAM학회 학술대회 논문집, pp61~67,2002.
6. Johannsen, G., "Knowledge-based design of human-machine interfaces", Control engineering practice, Vol.3 No.2, pp.267-273, 1995.
7. Manish Verma, William H. Wood, "A Function-based approach to design for manufacturing", 2000 ASME Design Engineering Technical Conferences, Baltimore, Maryland, DETC2000/DFM-14026. , 2000.
8. 전상민, 이수홍, 전홍재, "기능기반설계와 지식기반설계를 이용한 하이브리드설계 시스템", 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, Section 24-1, February 12-14, 2004
9. Sriram, D., G. Stephanopoulos, R. Logcher, D. Gossard, N. Groleau, D.Serrano, and D. Navinchandra, "Knowledge-based system applications in engineering - 174 -design: research at MIT," AI Magazine, pp. 79-96, Fall, 1989.
10. J.R.Hauser and D.Clausing,"The House of Quality," Harvard Business Review, May-June 1988,pp.63-73.
11. 김재현, "형상과 치수를 동시에 고려한 굴삭기 붐의 최적설계에 관한 연구", 한국과학기술원, 1996.
12. Gui, J.K. and M. Mäntylä, "Functional understanding of assembly modelling," Computer-Aided Design, Vol. 26, No. 6, pp. 435-451, 1994.