

품질기능전개와 공리설계를 이용한 고객지향 굴삭기 프론트 초기설계 시스템

전기현*, 배일주**, 이수홍***

An Initial Design System for the Customer-Oriented Excavator Front with Quality Function Deployment and Axiomatic Design

Ki Hyun Jeon*, Ilju Bac** and Soo-hong Lee***

ABSTRACT

A design needs various experience and design knowledge through a whole design process. Despite of all efforts and time, it is not easy to introduce a product that meets all customer's needs and expectation in time. To achieve the product goal, designers need a set of sequential process to find appropriate design parameters and ensure customers' needs and requirements. In this research we propose a design methodology for the initial design of an excavator front group with existing QFD(Quality Function Deployment) and Axiomatic Design to satisfy customer's requirements. It turns out that the proposed methodology can support designers more effectively, objectively, and systematically.

Key words : QFD, Axiomatic Design, Functional Requirements, Design Parameters

1. 서 론

최근에는 기술혁신과 고객 요구의 다양화로 인해 기업이 처하고 있는 환경이 급속하게 변화하고 있다. 이러한 상황에서 고객의 요구를 정확하게 반영하는 제품을 빠른 시간 내에 개발하는 것은 무엇보다도 중요하다. 이러한 관점에서 볼 때 굴삭기는 이러한 고객의 요구사항들을 만족시켜야 할 필요성을 가지고 있다.

굴삭기는 다기능성과 고효율성 등으로 건설 현장에서 널리 이용되고 있는 건설중장비이다. 굴삭기는 다양한 작업에 사용되며, 사용되는 장소, 기후, 목적 등에 따라 고객들의 다양한 요구를 만족시킬 필요가 있다. 이러한 고객의 요구를 최대한 만족시킬 수 있는 제품 개발을 위한 체계적이고도 효율적인 접근 방법인 품질기능전개(Quality Function Deployment, QFD)에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다^[1-4]. 하지

만 굴삭기와 같은 경우 품질기능전개의 적용만으로 다양한 고객의 요구를 반영하는 설계를 수행할 수 있는 것은 아니다.

품질기능전개는 개념적 분석도구이며 실제상 문제 짐 개선이나 새로운 제품 개발을 위한 명확한 접근방법을 제시하지는 못한다. 또한 굴삭기와 같은 경우 조립 상태에서 기능을 수행할 뿐만 아니라 강판의 용접으로 이루어지 있다. 특히 Fig. 1에서와 같이 분, 암, 버켓으로 이루어진 굴삭기 프론트 그룹은 굴삭기 작업을 담당하고 있으며, 이에 대한 고객 요구의 각 단

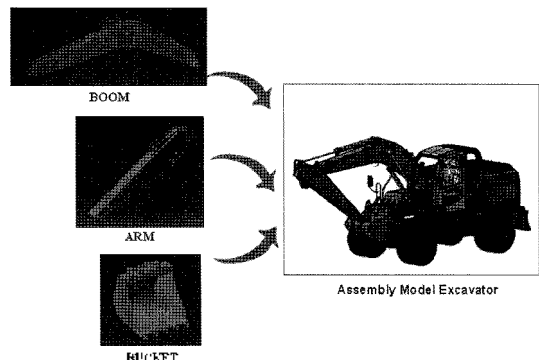


Fig. 1. A front group of an excavator^[11].

*연세대학교 대학원 기계공학과
**연세대학교 대학원 기계공학과
***연세대학교 기계공학부
- 논문투고일: 2006. 05. 21
- 논문수정일: 2008. 12. 29
- 심사완료일: 2009. 01. 12

계 별 특성에 대해 다수의 특성들이 연관관계 가지게 된다. 고객들의 다양한 요구를 충족시키기 위해 설계 초기에 이러한 요구들을 반영해야 하지만 위에서 언급한 굴삭기 프론트의 형상적, 구조적 특징으로 인해 품질기능전개를 통한 각 단계 별 전개 흐름의 분석에 대한 문제를 야기시킨다. 이는 곧 굴삭기 프론트 설계에 있어서 비체계적이고 반복적 설계 수행의 주된 원인이 된다.

고객의 요구를 반영한 설계를 수행하기 위해 굴삭기 특히 프론트 설계에 있어서 명확한 접근방법을 제공하며, 조립 기능 제품에 대한 품질기능전개의 문제점을 해결하여 현재의 비체계적이고 반복적 설계의 문제점을 개선할 수 있는 굴삭기 프론트 설계 방법론을 제시한 바 있다⁵⁾.

본 연구에서는 이 방법론에 근거하여 굴삭기에 대한 고객의 요구사항 파악에서부터 그에 따른 각 단계 별 계획 수립 및 요구사항들을 가장 잘 만족시킬 수 있는 굴삭기 프론트 초기설계 시스템을 개발하고자 한다.

2. 품질기능전개와 공리설계

2.1 품질기능전개(QFD)

품질기능전개는 고객의 요구사항을 제품 개발에 반영하는 하나의 조직화된 기본적 디자인 도구이다⁶⁾. 품질기능전개의 기본 개념은 Fig. 2에서와 같이 고객의 요구사항을 우선 제품의 설계특성으로 변환하고 이를 다시 부품특성, 공정특성, 그리고 마지막 단계인 생산을 위한 구체적 사양으로까지 변환하는 것이다. 이와 같이 일련의 과정을 통하여 고객의 요구가 각 단계에서의 구체적인 목표로 변환되고 결과적으로 고객이 원하는 기능과 품질이 최종제품에 정확히 구현되도록 하는 것이다.

이와 같은 품질기능전개의 목적은 신제품의 개발기

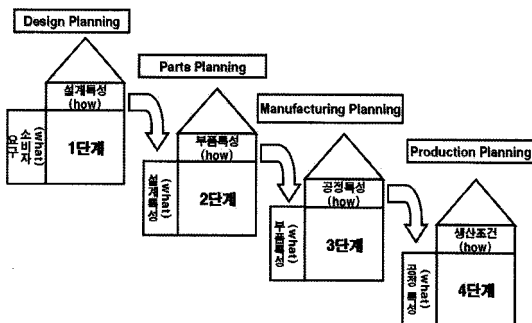


Fig. 2. A deployment of customer requirements^[6,7].

간을 단축하고 동시에 제품의 품질을 향상시키는 것이며 설계변경의 감소, 개발기간의 감축, 시운전시의 문제점 감소, 설계과정의 문서화 등의 효과를 얻을 수 있다⁸⁾.

2.1.1 품질기능전개의 문제점

품질기능전개의 수행은 고객요구에 대한 제품의 개념적 전개과정이다. 기존의 품질기능전개를 활용한 제품설계사례들은 고객요구, 부품특성, 공정특성간의 관계파악을 통한 문제 발생 요인분석 및 개선이 주된 목적이었다. 하지만 품질기능전개에서 HOQ(House Of Quality)가 담고 있는 정보를 체계적으로 분석하는 데는 한계가 있다. CA(Customer Attributes)와 EC(Engineering Characteristic)의 수가 증가하면 분석에 매우 많은 시간이 소요될 뿐 아니라, 효과 면에서도 심각한 한계를 나타낼 수밖에 없다¹³⁾. 또한 굴삭기와 같은 조립 기능 제품에 경우 품질특성에 대한 부품특성 전개 시 - : 多的 관계가 형성된다. 고객 요구에 대한 불명확한 제품 특성 및 설계변수가 도출된 것이다. 이는 설계자가 굴삭기 설계 시 무수한 시행착오를 발생시키는 원인이 된다.

2.2 공리설계(Axiomatic Design)

공리설계방법에서 설계는 사람들이 원하는 목적(What we want to achieve)과 목적을 달성하기 위하여 수행하는 방법(How we want to achieve it) 사이의 상호작용으로 정의된다⁸⁻¹⁰⁾. 설계자는 기능적 영역(Functional Domain)에서 설계의 목적을 기능요구(Functional Requirements: FRs)로 정의하고, 물리적 영역(Physical Domain)에서 각 기능요구를 구현하기 위한 방법을 설계변수(Design Parameters: DPs)로 정의한다. 각 영역에서 정의된 FRs와 DPs는 계층구조(Hierarchical Structure)를 갖는다.

공리설계방법에서 설계과정은 Fig. 3과 같다. 먼저, 사용자 요구(Customer Needs)에 따른 FRs를 기능적

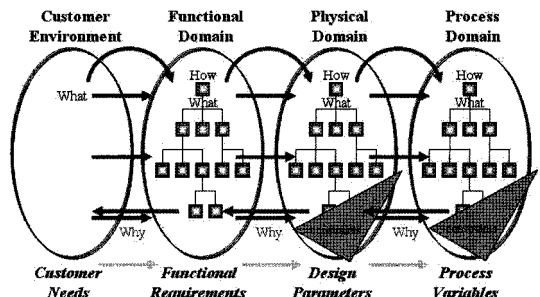


Fig. 3. A design process of an axiomatic design^[12].

영역에서 정의한다. 다음으로 각 FR을 구현하기 위한 방법을 물리적 영역에서 예로 정의한다. 즉 기능적 영역의 FRs를 물리적 영역의 DP로 영역간 사상(Mapping)을 시킨다. 마지막으로 각 FR을 하위수준(Level)의 FRs로 분해한다. 이때 상위수준의 해당하는 FR을 분해하는 기준이 된다. 이와 같은 과정을 지그재그 과정(Zigzagging)이라 하고, 최하위 수준(Leaf Level)까지 진행된다^{8,9)}.

기능요구와 설계변수 사이의 사상 관계는 식 (2.1)과 같이 설계행렬(Design Matrix: DM)로 나타낼 수 있다.

$$\{FR\} = [A]\{DP\} \quad (2.1)$$

2차원의 경우에 [A]는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

설계행렬 [A]의 요소에서 'X'는 관계가 있음을 표시하고 '0'는 관계없음을 나타낸다. FR1의 기능은 DP1으로 조절할 수 있으나 FRs의 기능은 DP1과 DP2에 의하여 조절해야 한다. 그러므로 식 (2.2)의 설계는 순차적으로 설계과정을 진행시키는 한 FR1과 FR2가 상호 독립적이다. 이러한 설계를 비연성화설계(Decoupled Design)라 한다. 독립공리에 따르면, 지그재그과정이 진행되는 동안 기능요구를 정의할 때 상호간의 독립성을 유지해야 한다. 이 결과, 설계목적은 구조적으로 정의할 수 있고, 설계과정은 순차적으로 진행될 수 있다.

3. 굴삭기 프론트 초기설계 방법론

3.1 굴삭기 프론트 설계 프로세스

유압 굴삭기의 구성요소는 크게 하부 프레임, 상부 프레임과 작업장치 세 부분으로 이루어져 있다. 제품개발 계획 시 작업 범위, 최대 굴삭력, 구조 안정성 등의 제품 개발 사양을 설정하고 프론트에 대한 설계를 수행한 뒤 상·하부 프레임의 설계를 진행한다. 각 부분으로 나뉘어 설계가 진행되지만 설계에 있어서 가장 중요한 비중을 차지하는 부분은 작업장치 부분 즉 프론트 부분이다.

프론트 구성 부품에 따른 무수한 부품 옵션에 대한 간섭체크를 고려하기 위해 설계 초기단계에 많은 시간이 필요로 하게 된다.

실제로 굴삭기 설계 과정 중에서 프론트 부분의 설

계가 차지하는 기간은 전체 굴삭기 개발기간이 24개월이라고 한다면 프론트의 레이아웃에서 상세되면 도출까지 6~7개월이 소요된다.

굴삭기 프론트 설계는 일반적인 설계와 달리 진행된다. Fig. 4는 굴삭기 프론트에 대한 일반적인 설계 프로세스를 보여주고 있다. 굴삭기 프론트는 강판의 용접으로 이루어진 제품이다. 따라서 한번의 설계로 다양한 옵션을 고려한 설계 수행이 불가능하다. 무수한 시행착오 거둬낸 뒤 구성부품이 이루는 포지션에 대한 레이아웃의 설계를 수행할 수 있다. 이 레이아웃 설계에서의 포지션을 기반으로 기본 설계, 상세설계가 진행된다.

이러한 레이아웃 설계는 Top-Down 방식에 의한 설계에 있어서 작업 범위를 그린 후 포인트를 선정한다. 이는 Bottom-Up 방식의 설계 시 각 부품의 길이, 두께 등에 대한 오차 시 계산이 힘들기 때문이며, 용접편이기 때문에 정확한 포지션의 선정이 필요하기 때문이다. 이 단계에서는 단순히 링크지적 측면만을 고려하게 된다. 현재 사용되고 있는 CAD 소프트웨어가 3차원 형상 표현에 대한 많은 기능을 내재하고 있기는 하지만 레이아웃 설계 단계에서 수많은 옵션들의 포지션 선정의 작업을 처리하기에는 무리가 있기 때문에 대부분의 설계자들이 2차원 도면을 선호하고 있다.

레이아웃 설계에서 고려된 포인트를 기반으로 기본적인 부품의 모델을 형성하고, 각 부품에 대한 상세설계가 진행된다.

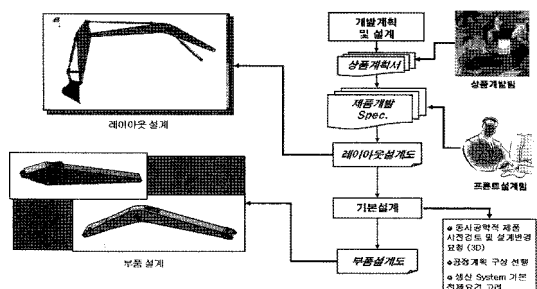


Fig. 4. A design process of an excavator front.

3.2 굴삭기 프론트 초기설계 방법론

굴삭기 초기설계 시에 다양한 고객의 요구를 만족시키며 이에 따른 다양한 굴삭기 프론트 고려사항에 따른 설계 지연의 문제점을 야기시키고 있다.

본 연구에서는 품질기능전개를 통해 고객의 요구를 최대한으로 만족시킬 수 있는 제품 개발을 위한 체계적이고도 효율적인 접근 방법을 제공하고자 한다. 하지만

굴삭기 프론트와 같은 조립 기능 제품의 경우 고객 요구를 수행하기 위한 기능 요구와 기능 부품과의 인과관계가 불분명하여 고객 요구를 만족시키기 위한 설계 변수 도출의 문제점과 제품 설계에 있어 수많은 시행착오의 원인이 된다.

따라서 공학적 설계에 있어서 체계적인 방법을 제시하는 이론 중의 하나인 공리설계(Axiomatic Design)를 적용하여 품질기능전개에 있어 고객 요구에 대한 설계 변수 도출의 문제점을 해결하고, 체계적인 굴삭기 프론트 설계 프로세스를 정의하고자 한다. Fig. 5는 고객지향적 제품 개발을 위한 굴삭기 개발에 대한 개발 절차의 구조화를 보여준다.

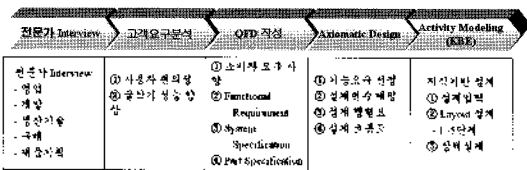


Fig. 5. A systematization of an development process of an excavator front for customer oriented product development.

3.3 굴삭기 프론트의 품질기능전개

품질기능전개의 과정은 Fig. 6과 같이 3단계의 수행을 통해 이루어진다. 앞 절에서 언급되었던 바와 같이 굴삭기의 형상적, 기능적 특징으로 인해 품질특성에서 부품특성으로의 전개가 용이하지 않다. 따라서 중간 단계인 시스템특성을 고려한 단계가 추가되었다. 이는 조립상태에서 굴삭기 작업범위에 관련된 레이아웃에 관련된 특성을 나타내는 단계이다. 굴삭기 프론트의 품질기능전개의 각 단계에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다.

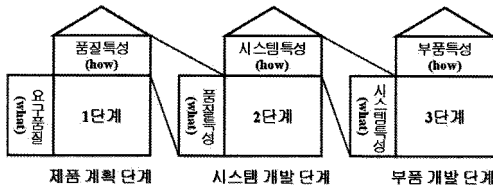


Fig. 6. Quality function deployment of an excavator front.

3.3.1 제품계획 단계

품질기능전개는 고객의 요구사항을 파악하는 일로부터 시작된다. 이를 고객 요구품질(Customer Attribute, CA) 또는 간략히 요구품질이라 하며, 고객의 언어로 표현되기 때문에 종종 ‘고객의 소리(Voice Of Customer)’이라 부르기도 한다. CA는 굴삭기에

대한 고객들의 설문지와 설계 전문가들의 인터뷰를 통해 수집되었다. 수집된 정보들은 성능과 편의성 측면으로 분류되며, 유사성이 높은 데이터를 그룹으로 묶어주고 그룹간 연관성에 따라 전체 구조를 체계화하는 KJ법을 이용하여 재분류한다. 부족한 부분을 추가하고 정리하여 고객요구 전개표를 작성한다.

기능요구는 고객요구를 수행하기 위한 대상이 되는 제품의 성질과 성능으로서, 고객요구를 구체화하고 평가하기 위해 사용되는 정량적 또는 정성적인 척도를 사용한다. 기능요구의 전개 순서는 다음과 같다.

(1) 고객요구를 기능요구로 변환

고객요구 전개의 적당한 단계에서 각 고객요구를 수행하기 위한 기능요구를 추출한다.

(2) 기능요구의 분류 및 정의

고객요구의 분류에서와 같이 추출된 기능요구를 KJ법을 이용하여 분류하고 부족한 부분을 추가하고 정리하여 기능요구 전개표를 작성한다.

Fig. 7은 고객요구와 기능요구를 통합하여 완성된 제품계획 단계의 전개표이다. 상관관계에 따라 Table 1과 같은 점수를 부여하였다.

Table 1. A symbol definition

Symbol	☺	○	□	■
Relation	강	←	→	약

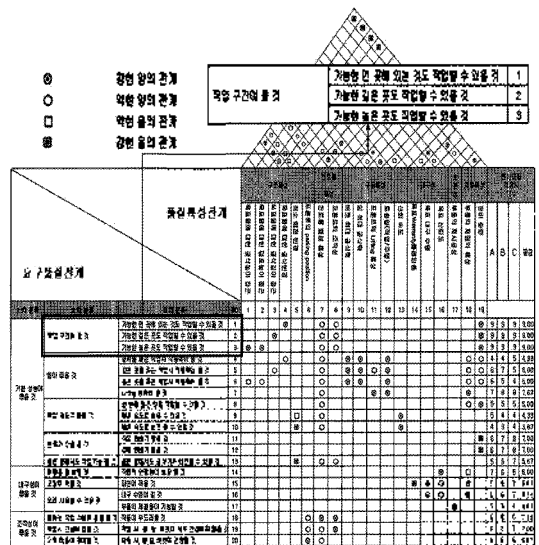


Fig. 7. A 1st quality function deployment of an excavator.

3.3.2 시스템개발 단계

시스템특성은 기능을 수행하기 위한 대상이 되는

제품의 성질과 성능이다. 굴삭기와 같이 조립상태에서 기능을 수행하는 제품은 각 부품자체만으로 기능을 만족시키는 설계변수의 도출이 용이하지 않다. 따라서 부품개발 단계에 앞서 조립상태에서의 기능요구를 구체화하고 평가하기 위한 단계가 필요하다. 시스템개발 단계는 이러한 역할을 수행하며 전개 방법은 제품계획 단계의 전개와 동일하다. 이전 단계에서의 기능요구가 What이 되며 기능을 구현하는 시스템특성이 How가 되어, 이들 사이의 관계를 분석한다. Fig. 8은 품질특성과 시스템 특성에 대한 전개표이다.

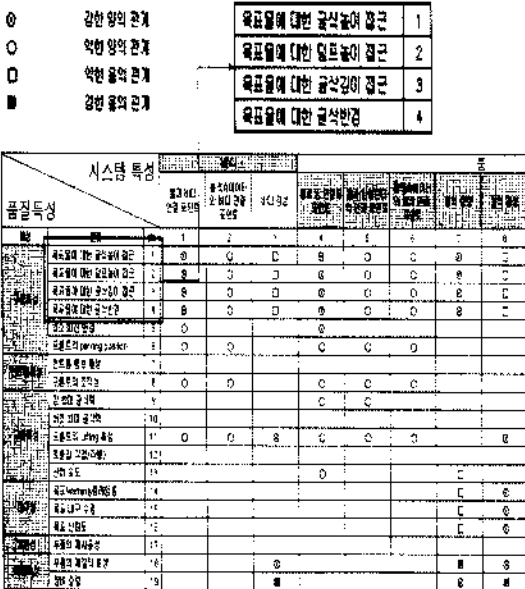


Fig. 8. A 2nd quality function deployment of an excavator.

3.3.3 부품개발 단계

시스템계회 단계로부터 조립상태에서의 기능에 대한 제품의 성질과 성능을 전개하였다면, 부품개발단계는 기능을 수행하기 위한 대상이 되는 각 부품상태에서의 성질과 성능을 전개하는 것이다. 부품상태에서 시스템특성을 구체화하고 평가하기 위해 사용되는 정량적 또는 점성적인 척도를 사용한다.

전개방법은 시스템계획 단계의 전개와 동일하며 마찬가지로 시스템특성과 부품특성 사이의 What - How 관계를 분석한다. Fig. 9는 시스템 특성과 품질특성에 대한 전개표이다.

3.4 굴삭기 프론트의 공리설계

굴삭기 프론트의 공리설계를 수행하는데 있어서 수많은 요소가 검토되어야 한다. 굴삭기의 중량, 연료 소

- ⊙ 강한 양의 관계
- 약한 양의 관계
- 약한 음의 관계
- 강한 음의 관계

원래 버전의 연결 포인트	12
원래 입출점의 연결 포인트	13
원래 버전선택단의 연결 포인트	14
원래 목적의 연결 포인트	15

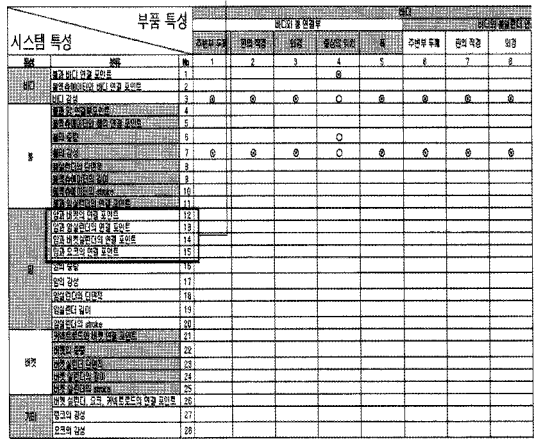


Fig. 9. 3rd quality function deployment of an excavator

비율, 엔진출력, 유압, 탱크용량 등이 고려되어야 하며 동시에 사용하고자 하는 굴삭기에 대한 적합성이 고려되어야 한다.

굴삭기의 종류 및 목적에 따라 요구하는 성능에는 차이가 있으나, 본 연구에서는 엔진출력, 유압과 같은 출력에 관한 사항에 관련된 고려요소는 배제한 굴삭기 프론트 설계에 필요한 기능에 대한 기능요구를 선정하였다. 기능요구 선정은 고객이 원하는 기능요구 분석과 품질기능전개에서 도출된 고객요구에 대한 설계사업장에서의 기능을 종합적으로 고려하여 이를 바탕으로 굴삭기 프론트 성능과 관계되는 요구사항으로써 기본기능(굴삭력, 굴삭범위), 조작성, 내구성 등을 선정하였다. 이는 품질기능전개의 2차, 3차 전개표에서의 각 특성에 대한 1:1의 복잡한 관계 형성으로 인한 무수한 설계 시행착오를 야기시키는 기능들이다.

따라서 굴삭기 프론트 설계의 시행착오를 야기시키는 기능들을 중심으로 공리설계를 수행하여 고객요구, 기능요구, 설계변수 사이의 관계를 명확히 하며 관계에 따른 체계적인 접근 순서를 제시하고자 한다.

3.4.1 계층구조와 분해

굴삭기의 작업 반경을 고려한 기구학적 메커니즘을 이용한 핀포인트 설정을 통해 레이아웃 설계를 수행하고 이 핀포인트를 기반으로 작동력과 내구성을 고려한 상세설계를 수행한다. 이 과정을 기능요구와 설계변수의 사상과정에 도입해보면 다음과 같다.

■ 고객 요구사항(CRs)의 설정

공리설계의 가장 첫 단계인 고객의 요구사항인 CRs를 파악하여 분석 후 정리하여 공리설계의 적용 범위와 적용 방향을 설정하여야 한다. 굴삭기는 다용도로 사용되기 때문에 모든 상황에 활용할 수 있는 넓은 작업 범위, 뛰어난 작업력, 작업 시 하중을 버틸 수 있는 안정성이 필요하다. 즉, 이를 정리하면 다음과 같은 요구사항(CRs)을 결정할 수 있다.

- CR1 : 넓은 작업 범위를 가져야 한다.
- CR2 : 뛰어난 작업력을 가져야 한다.
- CR3 : 작업의 안정성이 보장되어야 한다.

■ FRs→DPs(상위 단계의 FR을 만족하는 DP설정)

설계과정에 있어서 설계자는 CRs에 의해서 기능요구(Functional Requirements, FRs)를 결정해야 한다. 또한 FRs는 전문가의 영역에서 노출되는 것으로 설계의 목표기능을 일컫는다. CRs를 충족시킬 수 있는 굴삭기 프론트의 가장 기본이 되는 얼마만큼의 작업 범위가 넓은가, 얼마만큼의 힘을 낼 수 있는가, 작업 하중에 대한 안정성을 보장할 수 있는가에 대한 기능들을 나타내고 있다. 최상위 FRs를 정리하면 다음과 같다.

- FR1 : 요구 굴삭반경을 가져야 한다.
- FR2 : 요구 굴삭력을 가져야 한다.
- FR3 : 작업 하중에 대한 지지력이 커야 한다.

계층구조에서 상위의 FRs가 하위의 FRs로 분해되기 위해서는 먼저 물리적 영역으로 연관되어 DPs를 찾아야 한다. 공리설계에서는 FRs를 만족시키는 설계변수(Design Parameters, DPs)의 적절한 연관이 좋은 설계이다. 즉, 파악된 기능적 요구사항들을 만족시키는 설계변수를 물리적 영역에서 뽑아내는 것이 중요하다. 최상위 FRs를 만족시키는 최상위 DPs를 도출한 것은 다음과 같다.

- DP1 : 프론트 그룹의 길이-결합 각도 관계
- DP2 : 프론트 그룹의 작용력
- DP3 : 프론트 그룹의 내구성

즉, 붐, 암, 버킷으로 구성된 프론트 부품 각각의 길이와 실린더작용에 의한 체결각도에 의해 굴삭반경이 결정되어지고, 실제 작업을 담당하는 프론트 그룹에 작용하는 힘에 의해 굴삭력이 결정되어진다. 마지막으로 내구성은 프론트 그룹이 얼마만큼 하중에 대한 내구성이 좋은가에 의해서 결정된다고 할 수 있다. 위의 기능요구 집합과 설계변수 집합의 사상결과인 설계행렬은 다음과 같이 비연성화된 설계로 표현된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (3.1)$$

위에서 정의한 FRs와 DPs는 상위계층의 물리적 요소들과 기능적 요소들이다. 이 요소들은 하위의 계층구조로 계속 분해될 수 있다. 이러한 점으로 인하여 한 단계에서 제시된 FRs에만 집중할 수 있으므로 설계 작업의 복잡성을 덜 수 있다.

이러한 방법으로 하위계층까지 전개된 기능요구를 위한 FRs-DPs의 모듈들은 고객에 의해 명시된 기능을 설계에 반영하며, 정형화된 굴삭기 프론트 초기설계 시스템 개발을 위한 토대가 된다.

4. 굴삭기 프론트 초기설계 시스템

4.1 시스템적용 방법론 및 아키텍처

본 연구에서는 3단계에서의 굴삭기 프론트에 대한 도메인 분석 및 고객의 요구사항을 바탕으로 한 품질기능전개와 공리설계를 수행하였으며 이를 기반으로 고객 요구에 대한 굴삭기 프론트의 체계적 설계 프로세스를 정의하여, 이 결과를 기반으로 굴삭기를 대상으로 하는 초기설계 시스템을 구현하고자 한다.

Fig. 10은 이에 대한 시스템 적용 방법론을 보여준다. 1단계에서는 품질기능전개를 이용한 고객요구 분석을 수행하며, 굴삭기 성능에 관련된 기능요구에 대한 공리설계를 2단계에서 수행한다. 1, 2단계에서 도출된 항목을 바탕으로 지능형 설계를 수행함으로써 초기 프론트 모델을 생성하도록 한다.

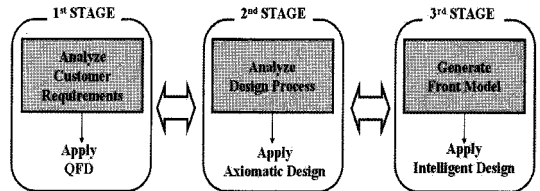


Fig. 10. A methodology of an initial design system.

이러한 방법론에 의하여 Fig. 11과 같은 시스템 아키텍처를 구성하였다. 전체 시스템은 다음과 같이 크게 4개의 진행 모듈로 구성되어 있다.

1. 고객요구 분석 모듈
2. 설계 프로세스 분석 모듈
3. 설계변수 관리 모듈
4. 지능형 설계 모듈

이는 고객요구 반영에 필요한 최소한의 사용자 입

력을 받아들이어 최종적으로 적절한 설계값과 설계 프로세스 그리고 3차원 솔리드 모델의 생성을 목표로 하는 시스템으로, 규칙과 공식의 형태로 표현된 현 설부자의 다양한 지식을 기반으로 설계를 진행하게 된다.

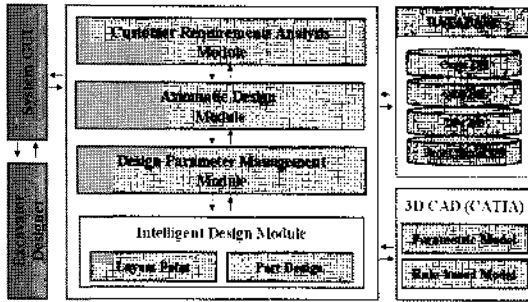


Fig. 11. An architecture of an initial design system.

4.2 굴삭기 프론트 초기설계 시스템 구현

본 연구에서는 구현된 고객지향적 제품 개발을 위한 굴삭기 프론트 초기설계 시스템을 사용하여 고객요구를 반영할 수 있는 굴삭기 프론트 초기설계를 수행하였다.

4.2.1 고객요구분석 모듈

고객의 요구는 추상적 언어로 기술되어 있으며 이를 설계에 적용하기 위한 기능적 요구로 변환해야 한다. 따라서 Fig. 12에서와 같이 고객요구 분석 모듈은 신제품 개발 시 고려되어야 할 굴삭기 사용자들의 요구사항을 반영하기 위해 설계자 입장에서 요구사항을 반영하기 위한 기능요구로 변환하고 분석하는 기능을 수행한다.

또한 상품기획팀과의 고객요구에 대한 협의의 동한

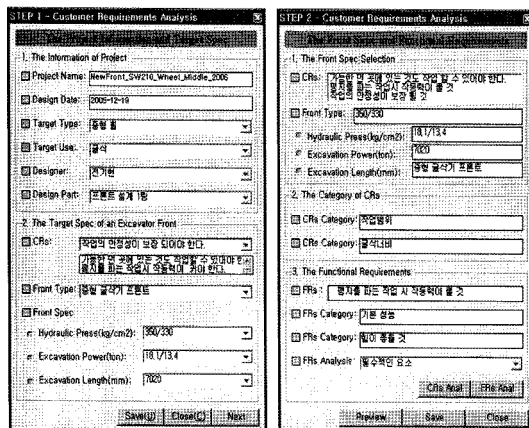


Fig. 12. An interface of an CRs analysis.

굴삭기 프론트의 사양을 입력하여 설계에 반영하도록 한다.

4.2.2 설계프로세스 분석 모듈

Fig. 13의 설계프로세스 분석 모듈은 고객요구와 기능요구를 기반으로 프론트 설계에 대한 기능요구와 설계변수를 결정해 나가는 단계이다. 설계프로세스 분석 모듈은 공리설계를 적용하여 품질기능전개에서 특성간 - : 多의 연관관계에 대한 문제점을 해결할 수 있으며 굴삭기에 대한 상위 단계의 기능요구에서부터 레이아웃 단계와 부품 단계로의 전개를 통해 프론트에 대한 각 영역에서 정의된 FRs와 DP의 계층구조 (Hierarchical Structure)를 정의한다. 또한 이를 모듈 형태의 흐름도로 표현하여 전체 프로세스를 쉽게 파악할 수 있도록 하는 기능을 수행한다.

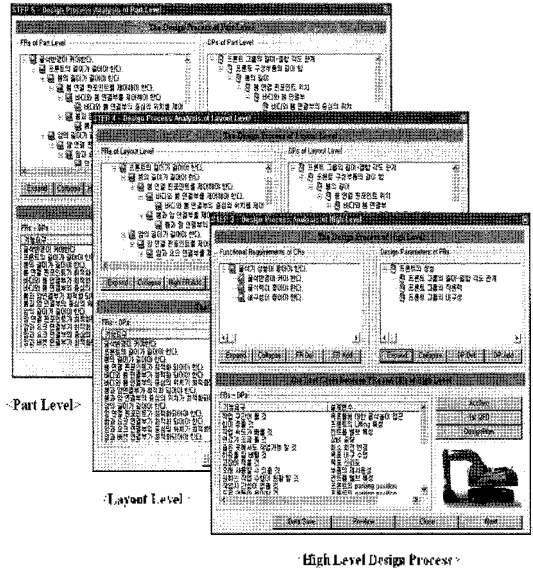


Fig. 13. An interface of a design process analysis.

4.2.3 지능형 설계 모듈

고객요구 분석 모듈과 설계프로세스 분석 모듈에서 도출된 설계 변수와 설계프로세스를 기반으로 프론트의 레이아웃 및 부품설계를 수행하는 기능을 수행한다.

Fig. 14와 같이 기본 좌표값을 기반으로 11개의 레이아웃 포인트값을 변경한 결과는 구속관계와 디자인 테이블을 포함하는 모델과 연동되어 새로운 좌표값이 입력됨에 따라 포인트 모델이 업데이트된다. 또한 레이아웃 단계에서 입력된 포인트는 프론트의 어셈블리 모델과 관계가 연결되어 있어 포인트 값에 따른 프론트의 길이가 변하게 된다. 따라서 이러한 어셈블리 모

델을 이루는 붐, 암, 버킷에 대한 부품설계를 레이아웃 설계 이후에 진행하게 된다.

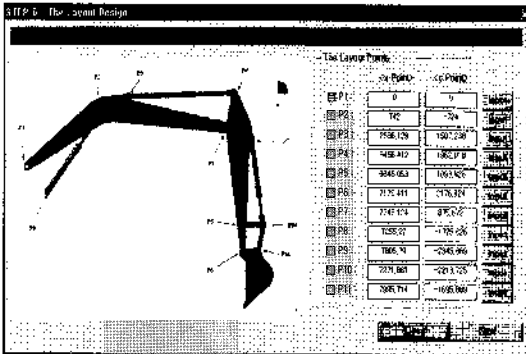


Fig. 14. An interface of an layout design.

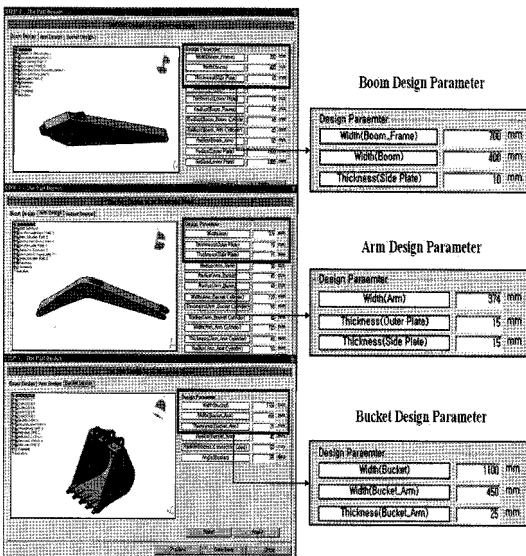


Fig. 15. An interface of a part design.

Fig. 15는 각 설계 변수에 대한 구속관계와 디자인 테이블을 포함하는 프론트 부품 모델과 연동되어 있는 부품 설계 인터페이스이다. 상위 단계에서의 굴삭반경, 굴삭력, 내구성에 따른 분류를 수행하며, 레이아웃과 부품 단계의 설계프로세스 분석에서 도출된 각각의 변수들을 제공하여 붐, 암, 버킷에 대한 변수 모델링을 수행하게 된다.

4.3 적용사례

본 연구에서는 구현된 고객지향적 제품 개발을 위한 굴삭기 프론트 초기설계 시스템을 사용하여 다양한 고객 요구를 반영할 수 있는 굴삭기 프론트 초기설계를 수행하였다. 고객요구는 다음과 같이 3가지 항목을 선택하였다.

1. 가능한 먼 곳에 있는 것도 작업할 수 있을 것
2. 평지를 파는 작업 시 작동력이 클 것
3. 작업의 안정성이 보장될 것

이러한 고객요구를 반영하기 위한 고객요구 분석 수행 및 설계프로세스 분석을 수행하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

설계 진행을 위하여 요구 굴삭반경과 요구 굴삭력을 가져야 한다는 기능을 수행하고, 작업 하중에 대한 지지력을 고려한다는 기능요구를 도출하였다. 또한 도출된 기능요구에 대한 설계변수와의 독립적 매핑을 통하여 각각의 관계를 부여한 상위 단계의 프로세스를 정의한다. Fig. 16은 공리상용틀인 Acclaro를 통하여 상위 단계에 대한 설계 매트릭스와 프로세스에 대한 결과를 도출한 것이다. 설계프로세스는 기능요구(FRs)와 설계변수(DPs)의 결합관계인 모듈(M)로써 표현된다[11,15].

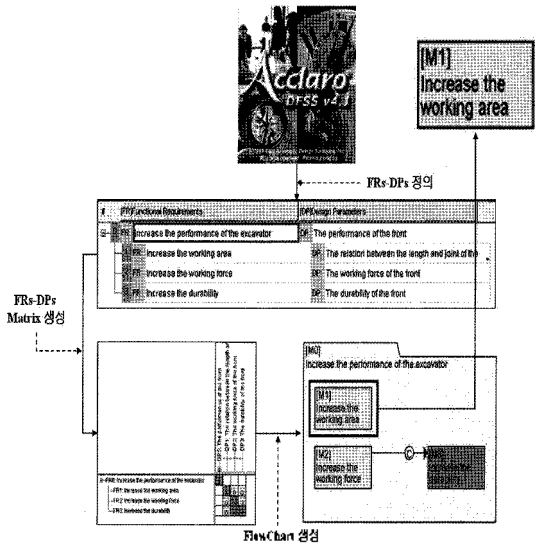


Fig. 16. A design process of a high level.

이와 같이 상위단계를 기반으로 하위단계로의 전개가 수행된 레이아웃 단계와 부품설계 단계의 수행을 통하여 Fig. 17과 같은 레이아웃 설계단계에 대한 매트릭스와 흐름도를 도출할 수 있으며, Fig. 18과 같은 부품설계 단계에 대한 설계프로세스 흐름도를 얻을 수 있었다.

Fig. 19는 부품 설계단계에 대한 흐름도 중 굴삭반경에 해당하는 모듈 M1.1에 대한 흐름도이며, Fig. 20은 내구성에 해당하는 모듈 M3.2.4에 대한 흐름도를 나타낸다.

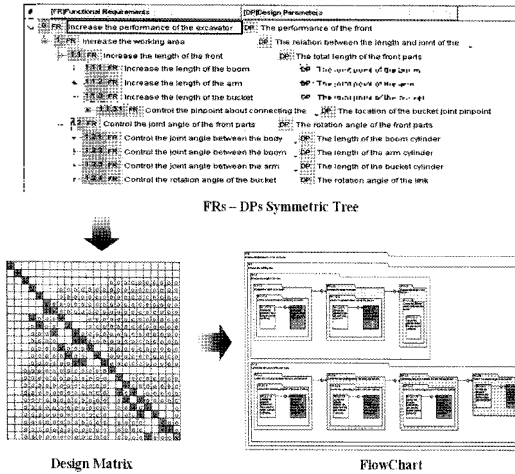


Fig. 17. A design process of a layout design level.

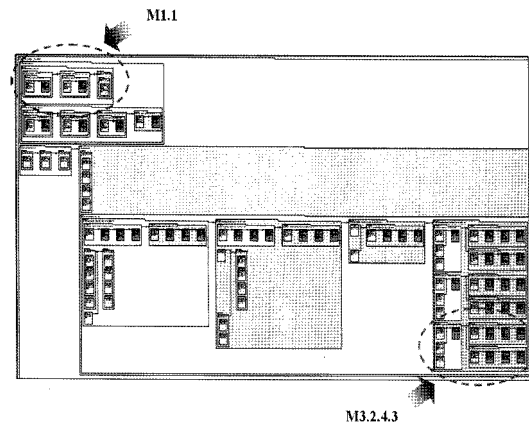


Fig. 18. A design process of a part design level.

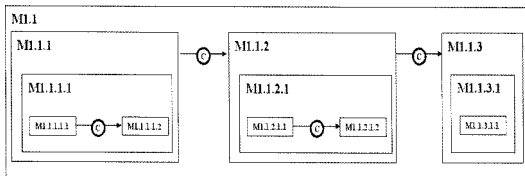


Fig. 19. A flowchart of M1.1.

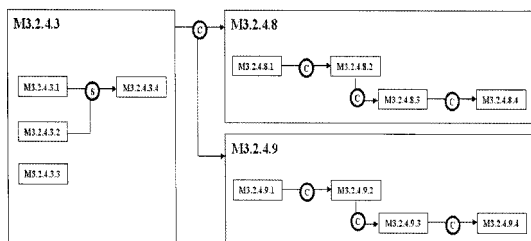


Fig. 20. A flowchart of M3.2.4.

시행착오에 의한 반복설계의 피드백과정을 기능요구와 설계변수의 독립적 관계의 매핑을 통한 설계프로세스를 정의함으로써 설계자는 이러한 설계프로세스에 따른 설계를 수행할 수 있게 된다.

이러한 설계프로세스 분석을 통해 도출된 매트릭스와 흐름도에 따라 설계규칙과 공식으로 구현된 프론트 모델과 연동된 지능형 설계모듈의 수행을 통해 Fig. 21과 같은 프론트 형상을 구현하였다.

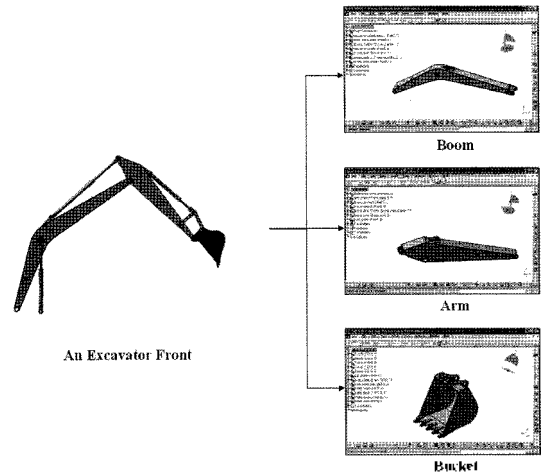


Fig. 21. A generated excavator model.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 굴삭기 개발과정에 있어서 가장 많은 시간과 노력을 필요로 하는 프론트 설계에 있어서 초기에 다양한 고객의 요구를 반영해야 할 필요성을 언급하였으며, 이를 해결하기 위해 고객지향적 제품개발을 위한 굴삭기 프론트 초기설계 시스템을 개발하였다.

기존의 고객요구를 만족시킬 수 있는 제품 개발 접근 방법인 품질기능전개의 프론트 설계 적용의 분해점을 지적하였으며 이를 해결하기 위하여 합리적이고 체계적인 설계를 위한 설계 방법론인 공리설계를 이용하여 시스템 개발을 위한 프론트 개발절차를 구조화하였다.

제안된 방법론을 통하여 프론트에 대한 고객의 요구사항 파악에서부터 그에 따른 각 설계 단계별 계획 수립 및 그것들을 가장 잘 만족시킬 수 있는 설계프로세스 정의가 가능하였다. 이러한 방법론을 기반으로 한 초기설계 시스템에서는 고객요구에 대한 설계프로세스를 제공해 줌으로써 설계가이드라인의 역할을 수행하게 된다. 이는 일위화된 설계프로세스를 제공하여 설계전문가의 지식 공유가 가능하다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 이러한 시행착오와 경험에 의존한 설계가 아닌 프론트에 대한 고객의 요구를 분석하고 필요 기능을 정의한 뒤, 설계원리를 이용한 프로세스를 정의하여 설계를 수행하는 시스템에 대한 연구를 구현하였다는데 큰 의미를 부여할 수 있다.

본 연구에서 프로세스 정의에 사용한 공리설계는 개념단계에 대한 적용 방법론이기 때문에 프론트의 레이아웃과 부품설계 단계에 대한 프로세스 전개에 국한되었다. 또한 연구에서는 설계변수간의 독립성을 유지할 수 있는 설계변수만을 채택하여 제시된 방법론에 대한 시스템 구현의 가능성을 확인하였다. 하지만 실제 설계에 있어서 기능요구 관계가 항상 독립적인 것은 아니다. 실제 설계에 적용하기 위해서는 독립된 설계변수 외에 모든 설계변수에 대한 시스템 적용이 필요하다. 이러한 점을 보완하고자 상위 단계의 독립성의 하위단계간의 관계를 통한 객관적인 판정과 설계 요소간에 어느 것이 더 설계에 영향이 더 큰지를 판단할 수 있는 방법이 제시되었다¹¹.

향후 연구에서 설계자 개개인들이 실제 설계에서 사용하고 있는 설계변수에 대한 비교분석을 수행하여 지능형 설계 모듈에 대한 실제 산업현장에서의 적용이 가능하기 위한 전문화된 설계모듈로의 업그레이드를 수행할 계획이다.

참고문헌

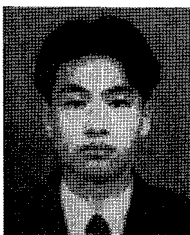
1. 강영주, "공리적 설계에서 FRs의 상호 독립성을 정량적으로 측정하기 위한 도구의 개발", 한국정밀공학회지, Vol. 18, No. 3, pp. 122-130, 2001.

2. 권이장, "품질기능전개를 이용한 인쇄배선기판의 효율적 신뢰성 시험방법의 개발", 박사학위논문, 홍익대학교, 1997.
3. 김광재, "QFD를 통한 설계단계에서의 품질향상", IE매거진, Vol. 2, No. 1, pp. 16-21, 1995.
4. 박영택, "품질기능전개의 확장에 관한 연구", 품질경영학회지, Vol. 25, No. 4, pp. 27-49, 1997.
5. 전기현, "품질기능전개와 공리설계를 이용한 글삭기 프론트 초기 설계 시스템 개발에 관한 연구", 대한기계학회 학술대회지, pp. 2312-2317, 2005.
6. Hauser, J. R. and Clausing, D., "The House of Quality", *Harvard Business Review*, Vol. 66, No. 3, pp. 66-73, 1988.
7. Cohen, L., *Quality Function Deployment*, Addison Wesley Publishing Company, Inc., pp. 152-159, 1995.
8. Suh, N. P., *The Principles of Design*, Oxford University, 1990.
9. Suh, N. P., *Axiomatic Design: Advances and Applications*, New York: Oxford University Press, 1998.
10. Suh, N. P., "Applications of Axiomatic Design", *Proceeding of the 1999 CIRP International Design Seminar*, pp. 1-46, 1999.
11. Kim, S. J., Suh N. P. and Kim, S. G., "Design of Software Systems Based on Axiomatic Design", *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 8, No. 4, pp. 243-255, 1991.
12. Bossert, J. L., "Quality Function Deployment", *ASQC Quality Press*, Milwaukee, 1991.
13. Moskowitz, H. and Kim, K. W., "QFD Optimizer: a Novice Friendly Quality Function Deployment Decision Support System for Optimizing Product Design", Working Paper, 1995.
14. <http://www.dhiltl.co.kr>
15. <http://www.axiomaticdesign.com>



전 기 현

2004년 금오공과대학교 기계공학과 학사
2006년 연세대학교 기계공학과 석사
2006년 현재 한라공조 개조 중
관심분야: 지식기반설계, 동시공학, DFM



배 일 주

2001년 연세대학교 기계구조공학부 학사
2003년 연세대학교 기계공학과 석사
2003년 현재 연세대학교 기계공학과 박사과정
관심분야: 지식기반설계, 동시공학, 온톨로지



이 수 홍

1981년 서울대 기계공학과 학사
1983년 서울대 기계설계학과 석사
1991년 Stanford대학 Design Division Concurrent Engineering 전공, 박사
1991년~1992년 Lockheed Missile and Space Co. Cable Harness Design System 개발, Post-Doc.
1983년~1994년 KIMM CAD/CAM실, 선임연구원
1994년 현재 연세대학교 기계공학과 상 교수
관심분야: 지식기반설계, 동시공학설계, 지능형CAD, PDM/PLM, STEP, Ontology