

제품기능분석을 이용한 설계지원 방법론 개발

- Development of Design Support Methodology Using Product Function Analysis -

김 형 준 *

Kim Hyung Jun

이 내 형 *

Lee Nae Hyung

서 광 규 **

Seo Kwang Kyu

Abstract

In this paper, a new method of product function analysis is presented to categorize various design information generated in product development processes. In order to improve product functions, designers must understand unit functions and modified parts of products. The product function analysis (PFA) is based on the designer's understanding of product functions. The proposed PFA provides the methodology to classify the various functions systematically and understand the relation between functions easily. Using this approach, efficient design support system can be developed and used for designers to support decision-making with design knowledge.

Key-word : PFA(Product Function Analysis), DSS(Design Support System)

1. 서론

최근 제품생산 형식은 주로 소비자의 다양한 요구를 충족시키기 위한 다품종 적량생산체제로 나아가고 있다. 제품소비 패턴도 크게 달라져 제품 교체시점이 종래에는 내구한계이던 것이 최근에는 유행의 변화로 전환되어 가는 경향을 보이고 있다. 이와 같은

* 서일대학 산업시스템경영과

** 상명대학교 컴퓨터·정보·통신공학부

이 논문은 교내 프로젝트 지원에 의한 것임

시장 상황에서 기업이 경쟁업체와 비교하여 지속적인 경쟁우위를 지키기 위해서는 고객의 요구사항을 신제품에 신속히 반영할 수 있어야 한다. 기업의 신제품 출시가 경쟁업체보다 지연되면 기업의 시장점유율이 떨어져 판매이익이 감소된다. 경쟁우위의 신제품을 고객의 요구에 맞추어 출시하기 위해서는 고객의 요구사항을 파악한 다음 설계, 생산 등의 각 단계에서 소요되는 시간을 단축시키는 것이 필요하다[6]. 이렇게 고객의 요구(requirements)를 만족시킬 수 있는 제품과 서비스를 개발하기 위해 가장 일반적으로 사용하고 있는 방법이 QFD이다.

QFD의 기본 개념은 고객의 요구조건을 제품의 기술특성으로 변환하고, 이를 다시 부품특성과 공정특성 그리고 생산에서의 구체적인 사양과 활동으로까지 변환하는 것이다[8]. 또한 사용자의 요구사항을 만족시키기 위하여 시스템이나 제품의 설계에 포함시켜야 할 필요기능들의 집합을 정의하는 방법으로 제품기능분석(Product Function Analysis)이 사용되고 있다. 제품기능분석은 사용자의 필요사항을 제품이나 시스템의 개념으로 변화시키는 것으로 주어진 시스템을 일련의 하위기능으로 분해하여 시스템에 요구되는 주기능과 성능을 분석하고 이를 통해 사용자요구와 설계개념을 연결시켜 주는 절차이다[1].

제품의 설계단계는 가장 많은 시간과 노력이 요구되며 제품의 품질을 결정하게 되는 중요한 단계이다. 이 단계에서부터 개선된 제품을 생산하기 위해서는 제품이 포함해야 할 기능이 무엇이며, 각 기능을 발휘하기 위해서 필요한 주요부품이 무엇인지를 파악해야 한다. 그리고 부품과 기능의 상호관계를 파악하여 제품 전체의 품질에 어떤 영향을 미치는지를 파악하는 것이 필요하다. 즉, 효율적인 설계를 위해서는 단위 부품들이 수행하는 기능과 설계 파라미터의 성분에 따른 성능을 비교분석한 기술자료와 부품 및 기능들간의 상호관계를 분석한 설계노하우 등의 설계지식이 효율적으로 관리되어 있어야 한다. 기존에는 각 단위부품의 성능을 개선시키거나 문제점을 해결하기 위한 설계노하우, 여러가지 기술자료 등을 데이터베이스화하여 관리했다[7]. 이 데이터베이스를 이용하여 설계지식을 공유함으로써 유사한 모델을 설계하거나 혹은 새로운 모델을 설계할 때에 발생하는 여러가지 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 하지만, 제품 전체의 고유기능을 구현하기 위한 단위 부품들간의 상호작용을 사전에 분석하지 않음으로써 사소한 품질문제는 해결할 수 있을지 모르지만 광범위하고 복합적인 문제를 해결하지 못할 수도 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제품기능분석 방법론을 제안한다. 이 방법론은 설계지식 축적 및 활용을 위한 시스템의 개발에 필요한 설계지식체계화 방법론으로서 제품의 기능을 일반적으로 이해하기 위한 방법론이다. 제안하는 방법론은 설계자가 제품의 고유기능을 향상시키기 위해서는 어떤 단위기능들 혹은 부품들이 추가되고 개선되어야 하는지를 파악하기 위하여 제품을 구성하고 있는 다양한 기능을

체계적으로 분류하고 각 기능간의 상관관계를 쉽게 파악하기 위한 방법론이다. 제품기능분석 방법론은 제품을 구성하는 단위 부품들의 기능을 정의하고 정의된 단위기능들의 상호관련성을 분석하여 제품을 분석하고 제품의 기능관계도(Functional Relation Chart)를 작성하는 방법으로 작성된 기능관계도는 제품의 고유기능을 구현하기 위하여 필요한 단위기능들의 상호관계를 표현한 그림이 된다. 이러한 기능 관계도를 통하면 단위 기능이 다른 부품의 단위 기능들과 어떤 상호작용을 하며 제품의 고유 기능에 어떤 영향을 미치는지 쉽게 파악할 수 있다. 즉, 제안하는 방법론의 목적은 설계자가 어떤 부품의 설계 시 발생하는 문제점을 해결하는 방법을 제시할 뿐만 아니라, 어떤 부품의 설계 변경이 다른 부품에 어떤 영향을 미치고 전체 시스템의 성능에 어떤 영향을 미치는지를 파악하고자 하는 것이다. 그러므로 제안한 방법론을 활용하면 좀 더 광범위하고 종합적인 의미의 설계지식을 설계자에게 제공할 수 있다.

제안한 방법을 사용하면 기능관계도에 따라 제품특성·기능별로 설계정보를 데이터 베이스에 일관성있게 저장함으로써 단위부품으로부터 제품 전체의 설계지식을 체계화 할 수 있고, 유사제품 모델의 기능관계도를 활용하여 다른 각도에서의 문제해결법을 얻을 수 있어 설계자가 보다 효과적인 설계를 할 수 있다.

본 연구의 기능관계도는 그림으로 표현되어 있어 설계 초보자들도 각 부품의 기능과 부품들간의 상호작용을 쉽게 파악할 수 있는 이점을 가지고 있다. 따라서 설계 초보자가 설계 숙련자의 여러가지 설계노하우를 가지고 부품 자체의 성능개선뿐만 아니라 제품 전체의 성능개선을 위해서 어떤 관점에서 설계를 해야하는지를 배울 수 있고, 응용할 수 있다. 그러므로 제안한 방법을 통하여 설계지식을 관리함으로써 설계 초보자와 숙련자의 설계능력의 차이를 최소화할 수 있다.

작성된 기능관계도는 설계지식의 분류 및 저장의 기준으로의 활용도 가능하며, 새로운 제품을 설계할 때 개선이 요구되는 기능이 있는 경우에 필요한 설계정보를 파악하고 어떠한 부분의 설계개선이 제품 전체 기능에는 어떤 영향을 미치는지를 분석할 수 있다. 제품의 기능 장애가 발생한 경우에 문제점이 발생한 부분뿐만 아니라 그 부분과 상호작용을 하는 부분을 같이 검토함으로써 종합적으로 문제점을 해결할 수 있다.

2. 관련 연구 고찰

제품기능분석은 주어진 시스템을 일련의 하위기능으로 분해하여 시스템에 요구되는 주기능과 성능을 분석하고 이를 통해 사용자 요구와 설계개념을 연결시켜 주는 절차이다. 이는 주기능을 세부기능의 집합으로 분류하는 하향적 계층분화에 의해 이루어진다. 나무구조 혹은 블록선도로 정리된 각 층위의 기능들에 대해 다시 그 하위 기능들은 그 상호관계속에 주어진 입출력정보의 종류 및 흐름방향에 따라 서로 다른 Context로 구분되어 해석된다[1].

Susuki et al. [4, 12]은 제품 설계단계에서 생성되는 다양한 정보를 수집하고 저장하는 방법론을 제시했다. 이 연구에서는 기존의 PDM에서 관리되는 형상정보, 기술정보, 비용정보 및 조달정보 뿐만 아니라 설계 표준 지침서 및 품질 정보 등 모든 정보를 관리하는 것이 필요하다고 설명하고 있다. 그러나 설계정보를 분류하는 구체적인 방법론은 제시하지 않았다.

Kawakami et al.은 제품에 대해 하나의 주기능을 정하고 그 기능을 얻어내기 위해 구성된 하위기능 조합과 그 조합이 갖는 특성을 계층적으로 전개하여 그 결과를 일련의 규칙을 통해 단순화시켰다. 단순화된 전개결과는 정해진 단어군을 이용하여 언어적으로 재정의된 하나의 기능에 대한 하나의 설명기반지식 체계를 구축하여 개념 설계 단계에서 일반화 및 표준화된 설계지식으로 사용하였다[2].

설계정보를 분류하기 위한 방법에 관한 연구로는 Design Structure Matrix(DSM) 개념을 응용하여 부품의 기능 및 부품간의 상호연관성을 바탕으로 부품들 사이의 에너지흐름, 정보흐름, 물질흐름 및 상대적인 위치 등을 기준으로 그 관련 정도에 따라 점수를 부여하여 부품들을 그룹화하는 Eppinger et al.의 연구가 있다[3, 10, 11, 13]. 이 연구에서는 각 기능별로 부품들을 분류하기 위하여 우선 제품을 구성하는 요소인 부품들의 특징을 분류하고 각 요소들의 상호관계성에 점수를 부여하여 체계화하고, 이들을 매트릭스로 표현한 후에 매트릭스 연산을 거쳐서 부품들을 그룹핑한다.

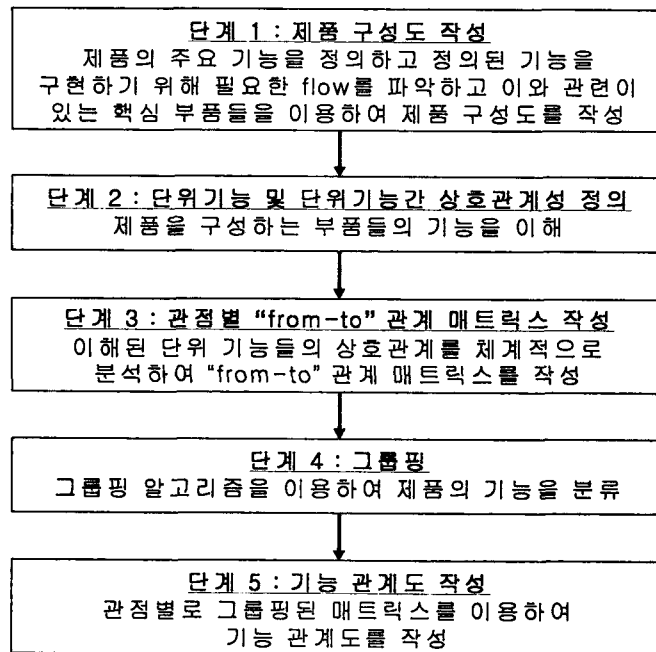
DSM을 확장한 개념인 SIDSMS(Sequential Iteration Design Structure Matrix)에 관한 연구에서는 예상되는 제품개발 기간을 단축시키기 위하여 수치화 된 DSM을 개발하여, SIDSMS의 대각선 셀에는 각 작업이 독립적으로 시행되었을 때 소요되는 시간을 표시하고 그 이외의 셀에는 하나의 결과를 내기 위해서 필요한 시간을 반복 확률로 표시하여 Reward Markov Chain을 작성하고, 분할화를 통한 작업 소요 시간을 구하여 가장 효율적인 작업순서를 선정했다[9].

본 연구에서는 제품을 구성하는 단위부품들의 기능을 체계적으로 정의하고, 정의된 단위기능들의 상호관계성을 물질흐름(material flow), 에너지흐름(energy flow), 정보흐름(information flow), 그리고 조립관계(assembly relation)에 따라 분석하여 제품의 기능관계도(functional relation chart)를 작성할 수 있는 새로운 방법론을 제시한다. 작성된 기능 관계도는 제품의 고유기능을 구현하기 위해 필요한 기능들의 상호관계를 표현한 다이어그램(diagram)이다. 이러한 기능관계도를 통하여 각 부품의 단위기능이 다른 부품의 단위기능들과 어떤 상호작용을 하며, 제품의 고유기능에 어떤 영향을 미치는지를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 이 방법론은 기능 관계도에 따라 제품 특성별/기능별로 설계 정보가 데이터베이스에 일관성 있게 저장됨으로써 설계 지식이 체계화되도록 도와주어 설계자는 부품의 기능조합에 따른 영향 및 문제점을 유사 제품모델의 기능관계도에서 쉽게 파악할 수 있어 보다 효과적인 설계를 지원할 수 있다.

3. 제품기능분석 방법

본 연구에서 제안하는 제품기능분석 방법은 제품을 구성하는 부품들의 기능을 이해하고 그 단위 기능들의 상호관계를 체계적으로 분석하여 “from-to 관계 매트릭스 (relation matrix)”를 작성한 후 그룹핑 알고리즘을 통하여 제품의 기능을 분류하고 이를 토대로 기능관계도를 작성한다. 그룹핑이란 제품의 기능을 분류하는 것을 의미하고, 이를 가능하게 해주는 알고리즘이 그룹핑 알고리즘(Grouping Algorithm)이다. 그룹핑 알고리즘을 이용하면 기능분석을 수행할 수 있고, 기능분석 매트릭스를 작성하여 설계자가 제품의 기능정보를 한 눈에 알아볼 수 있도록 해 준다. 작성된 기능관계도는 설계 지식의 분류 및 저장의 기준이 된다. 이 기능관계도는 새로운 제품의 모델 설계시에 개선이 요구되는 기능이 있는 경우 필요한 설계 정보파악과 제품의 기능장애가 발생된 경우 문제점 파악에 도움이 된다[5].

제품기능분석 방법론은 <그림 1>과 같은 단계에 따라 수행된다. 본 연구에서는 냉장고 제품을 대상으로 하여 제안한 방법을 적용하였는데, 이어서 제품기능분석 방법의 5 단계의 과정을 단계별로 설명한다.



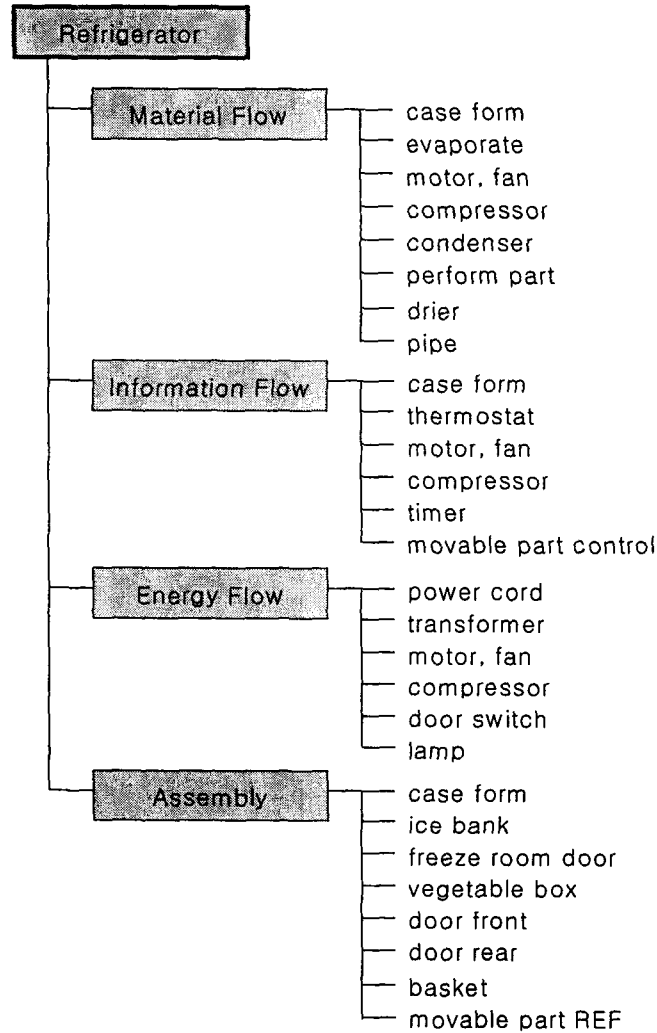
<그림 1> 제품기능분석 방법론의 수행을 위한 단계

3.1 제품 구성도 작성

제품 구성도(Product Tree)는 제품을 구성하는 단위부품들을 분류한 후 이들의 조립 관계를 고려하여 구성된 분류도이다. 제품 구성도를 작성하기 위해서는 제품의 주요기능(Primary Function)을 정의하고 정의된 기능을 구현하기 위해 필요한 flow를 파악하여야 한다. 본 연구에서는 설계자가 개선하고 싶은 제품의 기능을 주요기능으로 두고 그 기능이 작동하기 위해서 필요한 여러가지 flow를 개념적으로 파악하였는데, 냉장고를 예로 들면 냉장고의 주요기능은 “음식물 냉장 및 냉각” 기능이고, 이를 위해 필요한 flow를 분석해 보면, 에너지흐름(Energy Flow), 물질흐름(Material Flow), 정보흐름(Information Flow)의 3 가지가 존재한다.

주요기능을 구현하기 위해서 파악된 flow를 구성하는 핵심(Key) 부품을 BOM(Bill of Material)의 정보를 이용하거나 브레인스토밍(Brainstorming) 과정을 거쳐서 정의한다. 정의된 부품은 주요기능을 구현하기 위한 주요한 구성단위가 된다.

본 연구의 대상인 냉장고 있어서 제품 구성도는 flow 별 핵심부품과 외관을 형성하는 부품으로 구성된다(<그림 2>). 냉장고의 주요기능인 “음식물 냉장 및 냉각” 이라는 주요기능의 구현을 위해서 필요한 flow인, 에너지흐름(Energy Flow), 물질흐름(Material Flow), 정보흐름(Information Flow)에 대하여 flow 별 기능을 구현하기 위해 필요한 단위부품들이 정의된다. 예를 들면, 물질흐름(Material Flow)은 8개의 핵심 부품의 상호작용에 의하여 냉장고에 투입된 따뜻한 음식물에 냉각 사이클에 의해서 생성된 냉기를 불어넣는 역할을 한다. 8개의 핵심부품은 case foam, evaporator, motor_fan, compressor, condenser, perform part, drier, pipe이다. 여기에서 구성요소 및 단위부품들의 명칭은 현장과 설계실에서 사용되는 내용을 사용하였다. 정보흐름(Information Flow)은 6개의 핵심부품의 상호작용에 의해서 냉장고 내부온도를 측정하여 설정치와 차이가 발생하거나, 혹은 설정된 일정한 시간간격에 따라 냉장고의 구동을 지시하는 역할을 한다. 6개의 핵심부품은 case foam, thermostat, movable part control, motor_fan, compressor, timer이다.



<그림 2> 냉장고의 제품 구성도(product tree)

3.2 단위기능 및 단위기능간 상호관련성 정의

제품 구성도의 단위부품들의 기능은 설계과정에서 발생된 기술자료 및 설계자의 노하우를 이용하여 정의하였는데, 이를 위해서 제품의 BOM(Bill of Material)의 정보와 제품 설계자들을 포함한 전문가집단을 구성하여 브레인스토밍(Brainstorming) 과정을 거쳤다. 정의된 부품은 주요기능을 구현하기 위한 주요한 구성단위가 된다. 정의된 단위 부품 기능들의 상호관련성은 에너지흐름(energy flow), 정보흐름(information flow), 물질흐름(material flow), 그리고 조립관계(assembly relation) 관점에 따라 분석된다. 상호관

런성은 에너지흐름, 정보흐름, 물질흐름 관점의 경우에는 흐름의 방향을 파악하여 이들 흐름의 from-to 관계를 분석하고, 조립 관점의 경우에는 부품간의 조립여부를 표시한다.(<표 1>의 사례 참조).

<표 1> 기능과 상호작용 정의의 사례

		압축기(Compressor: E)와 응축기(Condenser: F)			
압축기의 기능	전기에너지로부터 변화된 기계 에너지를 이용하여 냉매를 고온고압으로 압축				
응축기의 기능	냉매를 고압저온의 포화액 상태로 만들어 수액기로 전달				
상호작용	압축기는 저압의 냉매를 받아 고압 상태로 만들어서 응축기로 전달				
점수		물질 흐름	에너지 흐름	정보 흐름	조립 관계
	from 'E' to 'F'	1	0	0	1
	from 'F' to 'E'	0	0	0	1

<표 1>은 냉장고의 사례에서 정의된 22개의 단위부품들 중에서 압축기(Compressor)와 응축기(Condenser)를 예로 하여 각각의 기능을 정의하고 이들 기능들 사이의 상호관련성을 분석한 결과이다. 압축기의 단위기능은 전기에너지를 기계에너지로 변화시켜 냉매(Refrigerant)를 압축하는 것이며, 응축기의 단위기능은 압축된 냉매를 응축하여, 응축열을 외부로 방출하는 것이다. 이들 두 부품의 기능간에는 <표 1>의 상호작용(Interaction)에 정의된 것과 같이 압축기로 유입된 냉매가 압축되어 응축기로 보내지므로 냉매라는 물질흐름이 있다. 그러므로 이 두 부품 간에는 물질흐름 관점에서 상호관계성이 있고, 방향성을 살펴보면 압축기(E)에서 응축기(F)로 물질이 흘러가므로 점수(Score) 행의 물질흐름에서 E→F 항에 '1'을 표시된다. 또한, 조립할 때 두 부품 E와 F가 물리적으로 결합되므로 점수행의 조립관계에서 E→F와 F→E 항에 '1'을 표시한다. 관련이 없는 경우에는 '0'을 표시한다.

3.3 관점별 from-to 관계 매트릭스 작성

관점별 from-to 관계 매트릭스 작성은 다음과 같은 순서로 진행된다. 먼저 앞 단계에서 정의된 각 관점에 대한 부품기능간 상호관련성 점수(Score)를 이용하여 from-to 관계 매트릭스에 부품간의 기능관계 표시를 작성한다. 그리고 난후에 from-to 관계 매트릭스에서 각 셀에 할당된 점수를 행으로 각 부품에 대한 'From' 점수와 'To' 점수의 합계와 차이인 Sum과 Difference를 구한다. 마지막으로 Difference 점수, Sum 점수, From 점수의 순서에 따라 내림차순으로 정렬된 부품에 대한 부품사본을 만든다. 이를 냉장고 제품을 대상으로 하여 단계별로 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

3.3.1 from-to 관계 매트릭스에 부품간의 기능 관계 표시

앞 단계에서 정의된 각 관점에 대한 부품 기능간 상호관계성 점수를 이용하여

from-to 관계 매트릭스를 작성한다. 예를 들어 압축기(E)와 응축기(F)의 상호관계성을 나타내는 <표 1>의 점수행에서 조립 관점의 E→F 와 F→E 항이 '1'이므로 “from-to 관계 매트릭스”의 EF와 FE셀에 '1'을 표시하고, 물질흐름 관점의 E→F 항이 '1'이므로 “from-to 관계 매트릭스”의 EF셀에 '1'을 표시한다(<그림 3> 참조)

Fro \ To	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	from score
A	1											1
B		1										1
C			1									0
D				1								1
E					1							1
F						1						1
G							1					2
H								1				1
I									1			1
J										1		0
K											1	0
to score	1	1	0	1	1	1	2	1	1	0	0	

	from	to	sum	difference
A	1	1	2	0
B	1	1	2	0
D	1	1	2	0
E	1	1	2	0
F	1	1	2	0
G	2	2	4	0
H	1	1	2	0
I	1	1	2	0

A : Case For B : Perform Part
 C : Transformer D : Motor_Fan
 E : Compressor F : Condensor
 G : Evaporator H : Drier
 I : Pipe J : Moval_P. Cont.
 K : Moval_P. REF.

<그림 3> 물질흐름 관점에서의 “from-to 관계 매트릭스”

3.3.2 합(sum)과 차(difference) 구하기

from-to 관계 매트릭스에서 각 셀에 할당된 점수를 행을 따라서 합산한 ‘from’ 점수와 열을 따라서 합산한 ‘to’점수를 계산하고 각 부품에 대한 ‘from’ 점수와 ‘to’ 점수의 합계와 차이인 sum과 difference를 구한다. sum이 ‘0’인 부품을 from-to 관계 매트릭스에서 제거한다(<그림 3> 참조).

3.3.3 첫 번째로 정렬된 부품에 대한 부품사본 만들기

difference 점수, sum 점수, from 점수의 순서에 따라 내림차순으로 부품을 정렬한다. difference의 점수가 큰 것을 첫 번째 기준으로 정렬하는 이유는 그룹핑의 용이성을 위해서 흐름 방향이 많은 부품을 선택하기 위함이다. 그리고 첫번째로 정렬된 부품에 대하여 sum 점수에 해당하는 개수의 부품사본을 만들고 그 사본과 관련된 부품들을 하나씩 매트릭스 상에 표현한다. 사본을 생성하는 이유는 매트릭스에서 대각선상에 한 부품과 관련된 2개의 그룹은 표현될 수 있지만, 3개 이상인 그룹은 표현이 곤란하기 때문이다. 사본을 만드는 방법을 사용하면 한 부품에 대하여 3개 이상 관련된 상호관계성 그룹을

하나의 대각선상에 표현할 수 있어 그룹을 눈으로 식별하기가 용이해진다.

예를 들어 물질흐름 관점에서 보면 <그림 3>에서 알 수 있듯이 A~I의 부품의 difference는 모두 '0'이기 때문에 sum값을 중심으로 정렬된다. 증발기(G)의 sum값이 가장 크므로 이 부품을 중심으로 그룹핑한다. 이 부품에 대해 사본 4개인 G1, G2, G3, G4를 매트릭스 상에 생성시킨다. 그 다음 각 사본과 다른 부품과의 상호관련성을 표시한다. G1과 모터 팬(D), G2와 압축기(E), G3와 케이스 폼(A), G4와 파이프(I)의 관계를 매트릭스 상에 표현하고, 그 결과는 <그림 4>와 같다.

to \ from	G1	G2	G3	G4	A	B	D	E	F	H	I
G1	G1						1				
G2		G2						1			
G3			G3								
G4				G4							
A			1		A						
B					1	B					
D							1	D			
E								1	E		
F									1	F	
H										1	H
I											1

	from	to	sum	difference
G	2	2	4	0
A	1	1	2	0
B	1	1	2	0
D	1	1	2	0
E	1	1	2	0
F	1	1	2	0
H	1	1	2	0
I	1	1	2	0

<그림 4> 물질흐름 관점에서 사본을 가진 “from-to 관계 매트릭스”

3.4 그룹핑

본 연구에서 제안된 그룹핑 알고리즘은 다음과 같다.

단계 1 : 사본을 가진 “from-to 관계 매트릭스”에서 순서대로 셀을 선택한다.

단계 2 : 선택된 셀의 오른쪽과 아래쪽에 존재하는 '1'을 순차적으로 찾는다.

단계 3 : 선택된 셀에 대하여 행렬 바꾸기를 실행하여 선택된 셀의 옆에 순차적으로 나열한다.

단계4 : 각 사본과 관련된 그룹의 마지막 셀에 도달할 때까지 지속적으로 그룹핑을 수행한다.

단계 5 : 알고리즘 단계 1 ~ 단계 4의 과정을 '1'이 있는 각 셀에 대하여 반복한다.

단계 6 : 모든 사본에 대하여 그룹핑이 되어 마지막 셀에 도달하면 종료된다.

물질흐름 관점에서 그룹핑 알고리즘을 가지고 from-to 매트릭스를 재배치한 결과는 <그림 5>와 같다.

from \ to	G1	D	B	A	G3	G2	E	F	H	I	G4
G1	G1	1									
D		D	1								
B			B	1							
A				A	1						
G3					G3						
G2						G2	1				
E							E	1			
F								F	1		
H									H	1	
I										I	1
G4											G4

<그림 5> 그림 2의 물질흐름 관점으로부터 그룹핑한 매트릭스

3.5 기능관계도 작성

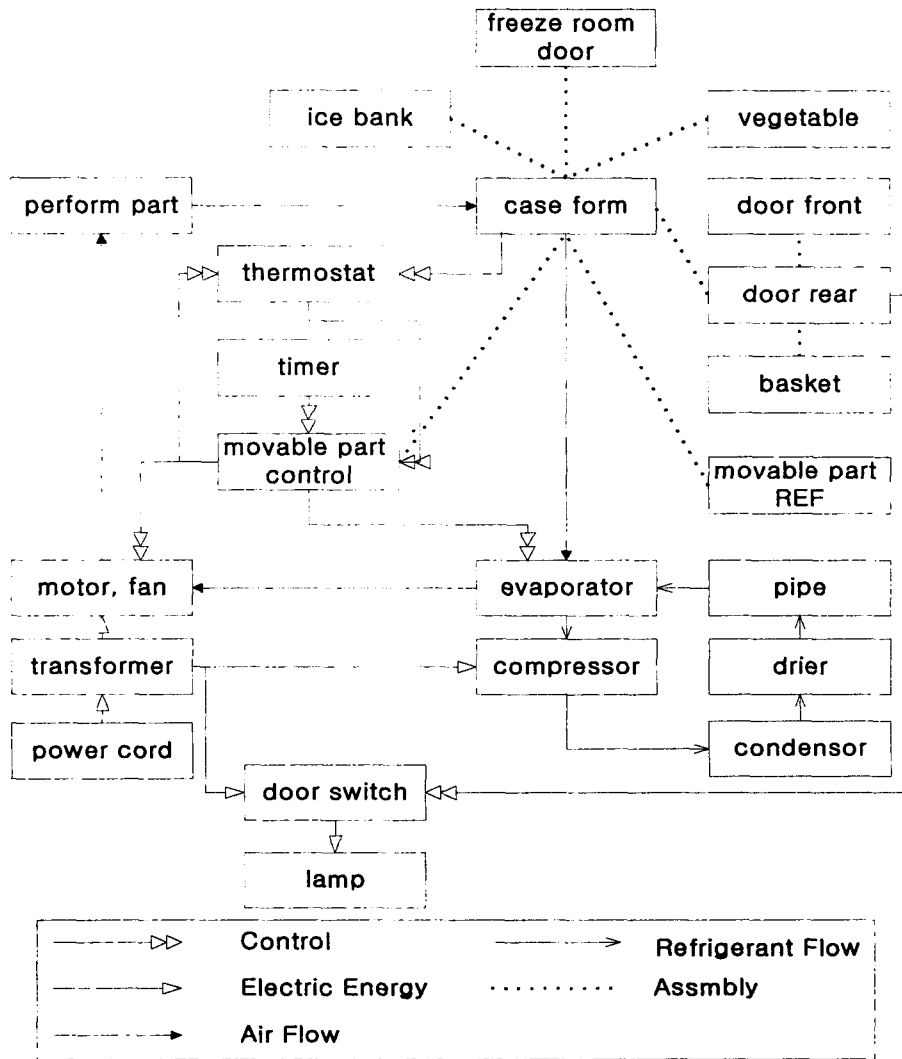
기능관계도(functional relation chart)는 각 관점별로 그룹핑된 매트릭스를 이용하여 작성한다. <그림 5>와 같은 그룹핑 매트릭스상에 나타나는 그룹핑형태는 직선형(Linear Type), 방사형(Radial Type), 그리고 순환형(Cyclic Type)으로 분류된다.

<그림 5>의 그룹핑 매트릭스의 경우, 두 그룹으로 분류된다. 첫번째 그룹인 G1(evaporator)→D(motor, fan)→B(perform part)→A(case foam)→G3(evaporator)는 순환형의 한 형태다. 이 그룹 내에서는 공기라는 물질이 화살표의 방향으로 흘러가므로 공기흐름의 그룹으로 특징지워질 수 있다. 두 번째 그룹인 G2(evaporator)→E(compressor)→F(condenser)→H(drier)→I(pipe)→G4(evaporator)는 순환형의 한 형태이며 이 그룹 내에서는 냉매라는 물질이 화살표 방향으로 흘러가므로 냉매 흐름의 그룹으로 특징지워질 수 있다.

<그림 5>의 그룹핑 매트릭스를 기초로 작성한 기능관계도는 <그림 6>과 같으며 여기에서는 물질흐름을 공기흐름과 냉매흐름의 두 가지로 세분화할 수 있다.

<그림 5>의 물질흐름 관계도뿐만 아니라 에너지흐름, 정보흐름, 그리고 조립에 대한 관계도를 작성하여 하나의 통합된 관계도로 표현하면, <그림 6>과 같은 냉장고에 대한 기능관계도가 된다. 예를 들어 냉장고의 기능관계도를 이용하여 냉장고의 부품의 기능을 분석하면, 냉기를 생성시키기 위해서 전기 에너지가 압축기(compressor)를 통하여 들어오고 케이스 폼(Case foam)으로부터 공기가 증발기(evaporator)로 들어옴을 알 수 있다. 그 다음 냉매 생성 흐름(evaporator → compressor → condenser → drier → pipe → evaporator)에 따라 온도와 시간의 제어를 통하여 냉기를 생성한 후 증발기를 통하여 냉기를 공기흐름 기능 그룹으로 전달하게 된다. 기능관계도의 장점은 제품의 다양한 기능을 한 눈에 파악할 수 있을뿐만 아니라 각 기능은 어떤 기능의 도움으로 작동하고, 어떤

역할을 하는지를 쉽게 파악할 수 있다는 것이다.



<그림 6> 냉장고의 기능관계도

4. 제품기능분석 시스템

4.1 개발목적

제품의 개발 및 설계과정에서 축적된 노하우를 다른 제품의 개발이나 기존의 제품을

개선하기 위해 사용하려면 수집된 자료를 정해진 원칙에 따라 가공한 후 데이터베이스에 저장해야 한다. 제품의 개발 및 설계과정은 전 과정이 한번에 끝나는 것이 아니라 제품 설계 및 개발과정에서 문제점을 수정한 후 다시 같은 방식으로 시험을 한다. 이 과정에서 여러 번의 설계변경을 거치는 데, 매번 변경이 일어날 때마다 변경이 필요한 부품, 문제점, 수정사항, 수정에 따른 영향 등의 데이터를 저장 후 처리를 해서 보관을 해야 한다. 이것은 제품의 개발과정에서 겪게 되는 '시행착오(Trial and Error)'를 사용자가 원하는 형태로 지식화 하여 다른 제품의 설계나 기존제품의 개선을 위해 사용하기 위한 것이다.

이 과정에서 가장 핵심적인 것은 수집된 데이터를 사용자가 사용하기 쉬운 형태로 가공해 주는 부분이다. 일반적으로 제품의 개발기간 중에는 소비자가 요구하는 제품의 기능이나 형태의 변화, 생산 파트의 제조능력 부족, 경제성의 문제 등으로 인해 잦은 설계변경이 이루어진다. 변경이 발생할 때마다 설계자들은 필요한 부품을 개선하거나 기존의 부품의 기능을 대체할 수 있는 새로운 부품을 디자인하거나 유사한 부품으로 대체해서 사용한다. 이 때 기존의 부품과 Material flow, Energy flow, Information flow 등의 관계를 형성하고 있는 다른 부품들 혹은 교체된 부품에 의해서 구현되는 기능에 연관성을 되도록 침해하지 않는 범위 내에서 행동을 취해야 하는데 부득이 하게 기존의 관계를 깨고 새로운 관계를 형성하기도 한다. 이러한 경우 설계자가 변화된 관계와 변경 전의 관계를 파악하는 것을 쉽고 빠르게 하기 위해서는 프로그램을 작성하여 전문적인 제품기능분석결과를 시각적으로 보여주는 Chart를 자동으로 작성 하여 저장하도록 해서 설계자가 신속하게 기존의 방식과 새로운 방식의 비교를 할 수 있도록 하고 전체적인 기능의 상관관계를 살펴볼 수 있도록 해야 한다. 본 연구에서는 이러한 기능을 구현하기 위한 제품기능분석 시스템을 개발하였다.

4.2 개발 시스템의 개요

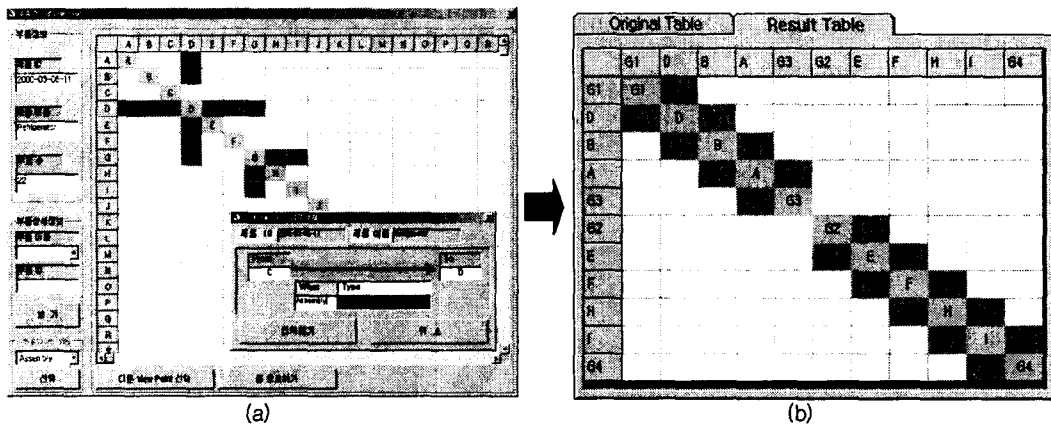
본 연구에서는 앞에서 설명한 기능분석 알고리즘을 바탕으로 시스템을 구현하였다. 본 시스템의 구성은 입력부분, 그룹 알고리즘 수행부분, 그리고 출력부분으로 구성된다. 입력부분에서는 설계자의 노하우를 바탕으로 제품에 대한 단위부품 정의와 물질흐름, 에너지흐름 같은 관점을 정의하고 각 관점별로 단위부품간 상호관계성을 정의한다. 그룹 알고리즘 수행부분에서는 앞에서 설명한 기능분석 알고리즘을 수행한다. 출력 부분에서는 각 관점별 그룹핑 매트릭스를 보여준다.

4.3 실행 사례

본 연구의 대상제품인 냉장고에서의 4가지 관점중에서 앞의 예제에서 설명한 물질흐름 관점과 상호관련성이 가장 복잡한 조립관계의 두 가지를 프로그램으로 수행해 보았다.

4.3.1 물질흐름 관점

그룹핑을 수행하기 전에 우선 물질관점의 관계 매트릭스를 작성해야 한다. 작성방법은 매트릭스의 세로 부분의 인덱스중 from에 해당하는 것을 찾고 해당 행에서 To에 해당하는 셀을 찾아 클릭하면 <그림 7(a)>와 같은 창이 뜬다. 여기에서 무엇을 주고받는지를 입력하면 해당 셀에는 1이 표시된다. 이를 바탕으로 그룹핑을 수행한 결과는 <그림 7(b)>와 같다. 이 결과를 <그림 5>와 비교해 보면 동일한 결과가 나옴을 알 수 있다.



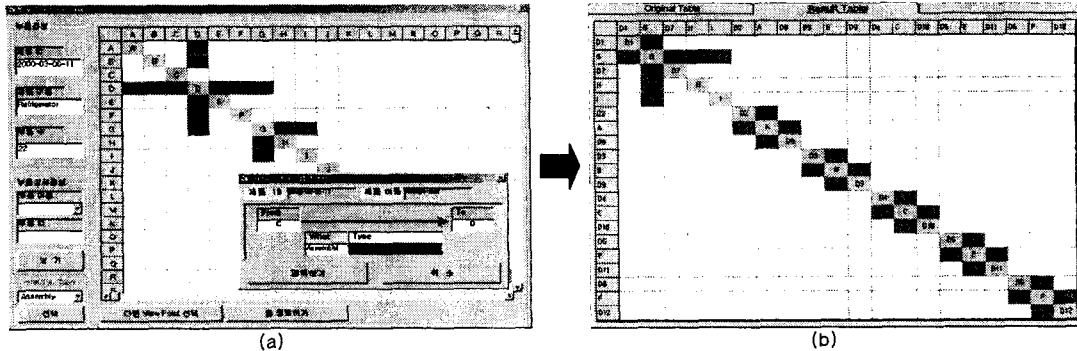
<그림 7> 개발된 제품기능분석 시스템(물질흐름 관점)

(a) 물질흐름관점에서의 관계입력 매트릭스, (b) 물질흐름 관계에 따라 그룹핑된 매트릭스

4.3.2 조립 관계

조립관계를 선택한 이유는 이 관점이 다른 관점과는 달리 방향성이 없기 때문이다. 다른 관점은 부품들 사이에 공기나 냉매, 전기 에너지 등이 교환되지만 조립관계는 부품이 서로 조립되는 것으로 어느 한쪽으로 향하는 방향성이 없다. 이런 경우에도 앞에서 제시한 알고리즘으로 그룹핑이 가능한지를 실험해보았다.

조립관계를 그룹핑하기 위해서 관계 매트릭스를 작성할 때, 부품사이의 관계는 양방향성을 가진다고 생각한다. 이것은 방향성이 없는 조립 관계를 단방향으로 정의할 경우 From-To를 결정할 기준이 없기 때문이며 관계 매트릭스에는 각각의 관계에 해당하는 곳을 클릭해서 'What'에 'Assembly(조립)'을 입력한다.



<그림 8> 개발된 제품기능분석 시스템(조립관점)

(a) 조립관점에서의 관계입력 매트릭스, (b) 조립관계에 따라 그룹핑된 매트릭스

<그림 8 (a)>의 관계 매트릭스를 바탕으로 조립관계를 그룹핑한 결과는 <그림 8 (b)> 이다. 그림에서 보면 D1에서 G로 나간 관계는 다시 D7으로 연결된다. D1과 D7이 하나의 부품을 나타내는 사본이므로 조립이 아닌 다른 관점에서는 서로 어떤 것을 주고 받는 것이 되지만 방향성이 없는 관계임을 알고 있으므로 D와 G가 조립관계에서 서로 조립되어 있음을 알 수 있다.

5. 결론 및 토의

제품기능분석 기법은 고객의 요구를 설계단계에서 반영시키기 위한 수단이다. 제품 기능분석은 제품의 기능을 이해하는 단계와 제품의 기능향상을 위한 분석단계로 구성된다. 제품의 기능을 이해하는 단계는 고객의 요구를 만족시키기 위해 필요한 제품의 주요 기능(Primary Function)과 이를 구성하는 하위 기능을 정의하여 연관관계를 분석함으로써 기능관계도를 작성하는 단계가 있고, 제품의 기능향상을 위한 분석단계는 파악된 각 기능을 향상시키기 위해서 필요한 파라미터의 성능특성을 파악하고, 전체 시스템관점에서 상충되는 각 기능들의 성능특성을 조율하는 단계로 구성된다.

본 논문에서는 제품기능분석에서 제품의 기능을 이해하고 체계적인 제품기능 관계도를 작성하기 위하여 제품기능분석을 이용하여 제품의 설계를 지원할 수 있는 방법론을 제안하였다. 제안된 제품기능분석 방법론은 단위부품들의 기능을 정의하고, 정의된 단위부품 기능들의 상호관련성을 에너지흐름, 정보흐름, 물질흐름, 조립관계의 4 가지 관점에 따라 분석하였다. 분석한 결과를 “from-to 관계 매트릭스”에 표시하고 제안된 그룹핑 알고리즘을 이용하여 제품의 기능들을 분류하였고, 그룹핑 매트릭스에 분류된 기능을 바탕으로 기능관계도를 작성하였다. 기능관계도의 장점은 제품을 구성하는 다양한 기능군을 쉽게 파악할 수 있고, 각 기능군 내 단위 기능들이 어떤 기능의 도움으로 작동하고 어떤 역할을 하는지를 쉽게 파악할 수 있다.

기존의 각 단위부품의 성능을 개선시키거나 문제점을 해결하기 위한 설계노하우, 여러가지 기술자료등을 데이터베이스화하여, 이를 이용하여 설계지식을 공유함으로써 유

사한 모델을 설계하거나 혹은 새로운 모델을 설계할 때에 발생하는 여러 가지 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 그러나, 제품 전체의 고유기능을 구현하기 위한 단위 부품들간의 상호작용을 사전에 분석하지 않음으로써 사소한 품질문제는 해결할 수 있을지 모르지만 광범위하고 복합적인 문제를 해결하지 못할 수도 있다.

본 연구에서는 제품의 설계지식을 체계적으로 분류하고 분류된 지식의 효과적인 관리 및 활용을 위하여 제품을 구성하는 단위부품들의 기능을 정의하고, 정의된 단위 기능들의 상호관련성을 분석하여 제품의 기능 관계도(Functional Relation Chart)를 작성하는 방법론을 제시하였다. 작성된 기능관계도는 제품의 고유기능을 구현하기 위해 필요한 단위기능들의 상호관계를 표현한 그림으로, 이러한 기능관계도를 통하여 각 부품의 단위기능이 다른 부품의 단위기능들과 어떤 상호작용을 하며, 제품의 고유기능에 어떤 영향을 미치는지를 쉽게 파악할 수 있다. 즉, 제안한 방법론의 목적은 설계자가 어떠한 부품의 설계시에 발생하는 문제점을 해결하는 방법을 제시할 뿐만 아니라, 한 부품의 설계 변경이 다른 부품에 어떤 영향을 미치고 전체 시스템의 성능에 어떤 영향을 미치는지를 파악할 수 있다. 그러므로 좀 더 광범위하고 종합적인 의미의 설계지식을 설계자에게 제공할 수 있다.

본 연구에서 제안한 제품기능분석을 통하여 기능관계가 선정되면 다음과같이 활용된다. 기능관계도는 인터넷 기반의 협업설계환경 등에서 제품의 관련정보를 검색하기 위한 일정의 정보맵(map)으로 활용된다. 이는 데이터베이스에 정리되어 있는 정보들은 검색 알고리즘에 의하여 설계자가 필요로 하는 형태의 정보로 가공되어 제공되고, 필요에 따라 정보를 담고 있는 원본자료를 여러가지 형태로 제공된다.

향후 연구에서는 제품의 기능을 여러 다른 관점에서 이해하고 분석할 뿐 아니라 그 이해 정도에 따라 계층구조를 갖는 기능분석에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해서는 제품의 설계변경에 따라 각 단계별 핵심기능을 분석하고 분석된 핵심기능의 목표치에 달성하기 위하여 변경하여야 하는 주요한 설계변수들이 무엇인지 분석하고 설계변수들의 특성치를 변경시켰을 경우 단계별 핵심기능에 미치는 영향뿐만 아니라 제품 전체에 미치는 영향을 분석할 수 있는 방법론에 대한 연구가 필요하다. 계층적 기능분석 방법을 이용하면, 설계자는 제품의 고유기능을 개선하기 위해 필요한 설계 지식인 부품, 기능, 설계요소 등을 보다 용이하게 파악할 수 있을 것이다.

6. 참 고 문 헌

- [1] Cole Jr., Elbert L., "Functional Analysis: A System Conceptual Design Tool", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, pp.354-365, April 1998.
- [2] Kawakami, H. Katai, O., Sawaragi, T., Konishi, T., and Iwai, S., "Knowledge Acquisition Method for Conceptual Design based on Value Engineering and Axiomatic Design Theory", Artificial Intelligence in Engineering Vol. 1, pp. 187-202, 1996.
- [3] Kent R. McCord and Steven D. Eppinger, "Managing the Integration Problem in

- Concurrent Engineering”, MIT Sloan School of Management Working Paper No. 3594, pp.1-48, 1993.
- [4] Kimura, F., and Suzuki, H., “Representing Background Information for Product Description to Support Product Development Process”, Annals of the CIRP, Vol. 44(1), pp.113-116, 1995.
- [5] Ha, S. et al., Development of Design Verification Methodology, Technical Report, Korea Institute of Science and Technology, 2000.
- [6] Parasad, B., Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product and Process Organization, Prentice-Hall PTR, 1996.
- [7] Park, S. et al., Development of Design Methodology for Concurrent Engineering, Technical Report, Korea Institute of Science and Technology, 1999.
- [8] Revelle, J. B. and Moran, J. W., The QFD Handbook, John Wiley, New York, 1998.
- [9] Robert P. Smith and Steven D. Eppinger, “A Predictive Model of Sequential Iteration in Engineering Design”, Management Science, Vol. 43(8), pp. 1104-1120, 1997.
- [10] Steven D. Eppinger, Daniel E. Whitney, Robert P. Smith and David A. Gebala, “A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development”, Research in Engineering Design, Vol. 6, pp.1-13, 1994.
- [11] Steven D. Eppinger, “A Planning Method for Integration of Large-Scale Engineering Systems”, International Conference on Engineering Design 97, Tampere, pp.1-6, August 1997.
- [12] Suzuki, H., Kimura, F., Moser, B., and Yamada, T., “Modeling Information in Design Background for Product Development Support”, Annals of the CIRP, Vol. 45(1), pp.141-144, 1996.
- [13] Thomas U. Pimmler and Steven D. Eppinger, “Integration Analysis of Product Decompositions”, Design Theory and Methodology, Vol. 68, pp. 343-351, 1994.

저 자 소 개

김 형 준 : 현 서일대 교수로서 주요관심 분야는 품질관리, e-Biz 등.

이 내 형 : 동국대학교를 졸업하고, 연세대학교 대학원 공업경영과에서 석사를 건국대학교 산업공학과에서 박사 학위를 취득하였으며, 현재 서일대학 산업시스템 경영과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 생산관리, 안전관리, 인간공학, 작업관리 등이다.

서 광 규 : 현 서일대 강사로서 주요관심분야는 공정자동화, 환경경영 등