

제품가족의 기능적 구조 모델링

Functional Architecture Modeling of the Product Family

김 태 운*

(Taion Kim)

Abstract : In mass customization, the focus is variety and customization through flexibility and quick responsiveness. Mass customizers seek to provide personalized, custom-designed products at low prices to give customers exactly what they want and to provide sufficient variety in products and services. The idea of the product family is the most adequate approach to realize mass customization. An understanding of customer needs using functional decomposition becomes necessary to enhance the performance of the product family. This paper focuses on functional architecture modeling based on customer need regarding sub-functions for the product family. A quantitative functional model captures product functionality and customer need. Based on customer need ratings and sub-function, a product-function matrix was created. Additionally, a product-product matrix was generated to provide a similarity index among product families. A case study for implementing the functional architecture modeling was performed on the single use cameras.

Keywords : 제품가족, 플랫폼, 기능적 구조, 기능 모델링

I. 서론

수시로 변하는 고객요구와 모델의 다양화 및 기술의 변화는 제품의 맞춤생산과 시장 및 고객에 따른 차별화를 필요로 하며 이를 위해서 플랫폼에 기초한 제품가족 개념을 이용해서 대량 맞춤화(mass customization)의 적용을 시도하고 있다. 이를 위한 구체적인 방법으로 제품가족의 모듈화[1], 시장분할에 따른 플랫폼 확장 전략[2], 제품 플랫폼의 체계적인 접근 전략[3], 공통성 지수[4], 제품가족 개발에 필요한 정보 공유를 위한 온톨로지[5] 및 에이전트를 이용한 협업[6] 등의 방법론이 제시되어 왔다.

제품가족이란 공통의 특성, 구성품과 서브시스템을 공유하는 상호 연관된 일련의 제품으로서 다양한 특정 시장 분야를 충족시킨다. 제품가족의 플랫폼을 구성하는 일련의 변수, 특성이나 부품은 제품과 제품 간에도 일정한 값을 가진다. 제품가족의 기능적인 모델링은 효과적인 제품의 개발과 제품 플랫폼 및 공통 부품과 기능을 개발하는데 아주 중요한 분야이다. 제품의 구조란 제품의 기능과 물리적인 구성요소간의 관계를 나타내는 방법이다. 제품가족이 효과적으로 구현되기 위해서는 제품 플랫폼이 가장 중요하며 제품 플랫폼을 구현하기 위해서는 가능한 많은 서브기능을 관련 제품가족이 공유해야 할 필요가 있다.

제품 플랫폼을 개발하기 위해서는 제품기능의 세분과 이에 따른 고객의 요구 이해, 기능의 수행과 제품의 아키텍처가 요구된다. 기능적인 모델링은 고객의 요구가 제품의 세부적인 기능에 어떻게 반영되어 있는지를 고객이 쉽게 파악하고 이해할 수 있는 방법이다. 기능적 모델링과 관련된 계량적인 모델링이 stone et al.[7]에 제시되어 있다. Kumar and Allada[8]는 고객의 필요에 기반한 제품의 기능-행태 플

랫폼을 개발하는 방법론을 제시하고 있다. 이 방법론은 고객의 요구를 수집하고, 고객의 요구에 대한 중요성을 평가 받고, 요구를 만족시키는 기능을 식별해 내고 이러한 기능을 충족시키는 행태(기술)을 찾아내고자 하는 것이다.

본 연구의 목적은 제품가족의 기능적 모델링 아키텍처를 제안하고자 한다. 제품의 분해를 통해서 기능을 식별해 내고, 고객의 요구를 수집하고, 중요도를 판단하고 이들에 대한 계량적인 접근을 통해서 관련 서브기능간의 유사성을 판단한다. 이를 기반으로 하여 제품의 플랫폼을 개발하기 위한 기초를 제공할 수 있다. 실제 사례를 위해서 일회용 카메라를 이용해서 제품가족의 분해를 시작으로하여 고객의 요구파악, 중요도 평가, 서브 기능의 추출, 계량적인 접근 및 유사성 판단 등의 전 과정을 실증해 보았다.

II. 제품가족의 모델링 아키텍처

제품가족을 디자인하고 플랫폼을 구현해가는 접근방법에는 하향식 방식(top-down approach)과 상향식 방식(bottom-up approach)이 있다. 하향식 방식은 기업이 제품 플랫폼에 기초해서 제품가족을 전략적으로 개발하고 관리해 가는 방식으로 순향적(proactive) 플랫폼을 의미 한다[1]. 상향식 방식은 기업이 규모의 경제와 재고감소를 위해서 구성부품을 표준화시킴으로써 다른 제품을 제품가족으로 재설계하고 통합해 나가는 과정으로서 소극적(reactive) 디자인을 나타낸다[9].

이중에서 하향식 방식에는 다음의 방법들이 응용되고 있다.

- ① 모듈화 방식[10,11]: 제품구조와 모듈이 제품의 변화, 다양성, 구성품의 표준화, 제품의 성능에 미치는 영향을 분석하고 형상공간 접근방식에 의한 모듈의 적재가능성 분석
- ② 공통성(commonality) 및 차별화[12]: 제품을 다양화 하는데 소요되는 비용을 평가하기 위해서 공통성과 차별화 포인트 및 설치비용 분석

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2006. 8. 24., 채택확정 : 2006. 12. 19.

김태운 : 경성대학교 산업공학과(twkim@ks.ac.kr)

※ 이 논문은 2004학년도 경성대학교 학술연구지원에 의하여 연구되었음.

③ 계량적인 함수 모델[7]: 제품의 구조를 개발하고 모듈의 핵심 부분의 식별이 용이하도록 계량적 방법으로 함수 모델을 이용

④ 카타로그 기반 최적화 전략[13]: 개별 고객화 상품을 위한 카타로그에 기반한 최적화 전략 이용

두 가지 방식 중에서 하향식 방식은 결과적으로 상향식 방식을 포괄하므로 주로 하향식 방식에 해당하는 제품가족의 아키텍처 모델링을 고찰해 보고자 한다.

1. 제품가족 모델링

새로운 제품을 디자인할 때, 새로운 개념에 대한 서술이 불완전하거나 추상적으로 표현되기 쉽다. 이러한 추상적인 개념을 구체화해 가는 방법으로 제품의 구조적 행태적 수준에 있어서 추상화의 계층적인 표현방법을 채택할 수 있다. 보다 더 구체적으로 이는 제품의 구조(structure), 행태(behavior) 및 기능(function)의 SBF 모델을 통해서 나타낼 수 있다[14]. 구조와 관련된 내용으로는 모양, 형태, 사양, 재료, 표면가공 상태 등을 들 수 있으며, 행태와 관련해서는 상태의 변화, 시간의 경과, 유동속도와 같이 표현가능하고, 기능의 예로는 어떤 조건에서 어떠한 성능을 나타내거나 주어진 환경과 사용조건에서 요구되는 제품의 특성을 들 수 있다. 이러한 SBF 모델에서 제품의 물리적 구조는 결국은 고객의 요구 기능으로부터 시작해서 디자인 파라미터를 통한 서브 부품간의 조립을 통해서 행태로 변환되어 구현되는 것이므로 보다 상위레벨에서의 접근이 요구된다. SBF와 다소 상이한 모델로서 FBS(Function, Behavior, State) 모델이 있다[15]. FBS 모델에서는 제품의 기능은 제품의 행태에 대한 요구사항으로 정의되며, 행태는 물리적인 특성을 이용해서 기술할 수 있다.

동시공학이나 통합적인 제품개발의 가장 중요한 점은 디자인 단계에 고객의 요구나 고객을 능동적으로 참여시키는 일이다. 이를 위해서 개별 제품의 디자인으로부터 제품 가족의 디자인으로 바꾸는 것이며 제품가족 아키텍처(Product Family Architecture: PFA)가 필요하게 된다. PFA는 기능적 관점, 기술적 관점 및 물리적 관점의 3가지 요소로 구성된다. 기능적 관점은 제품의 기능적 요소에 관한 구조적 기능적 요구사항 (Functional Requirements: FRs)를 나타내는데, 이는 구성요소간의 분할과 상호의존관계를 의미한다. 기술적 관점은 제품개발에 소요되는 기술을 의미하며

제품을 구성하는 각각의 모듈과 모듈의 구조를 나타낸다. 이는 최종 제품을 작은 구성품 단위로 세분하고 그 모듈간의 상호 연관관계를 나타낸다. 기술적 모델링에서는 모듈과 모듈의 구조를 FR에 해당하는 설계 파라미터(Design Parameters: DPs)를 이용해서 나타낸다. 물리적 관점은 제품 디자인의 물리적인 실현을 의미하는데 제품의 제작을 가리킨다. 이러한 물리적 모델은 구성품과 조립(Components and Assemblies: CAs)으로 구성되며, 기업의 프로세스별 능력을 고려한 여러 CA간의 절충을 통하여 경제적인 평가도 수행한다. 전반적으로 PFA는 FR→DP→CA 로의 순환적인 매핑 관계를 이루고 있는데 그림 1에 나타나 있다. 이러한 3가지 모델링 방법의 주요 항목이 표 1에 나타나 있다.

2. 기능적 모델링

어떤 객체의 기능은 그것의 환경에 작용하는 효과로서 나타낼 수 있다. 환경은 행태, 구조나 구조적 특성을 이용해서 기능으로 하여금 작동을 하게 하는 자극을 주거나 입력을 만들어 낸다. 모든 제품은 의도된 기능을 가지며 이는 곧 디자인된 의도라고 할 수 있고 이것이 곧 의도된 용도로 나타난다.

예를들면 어떤 제품에 대한 고객의 요구는 저렴한 가격, 사용의 편리성, 고객의 범위확대, 제품의 신뢰성 향상, 기존 제품의 이미지 변경, 사후의 A/S 비용의 감소 등이라고 가정한다. 이를 구현하기 위한 설계자의 기술적 모델링은 우선 저렴한 가격을 위해서는 핵심기능에 집중하고 부가기능을 어느정도 포함할지를 다시 고려할 필요가 있다. 사용의 편리성을 위해서 디자인을 변경하여 사용이 편리한 단순한 디자인으로 변경할 수 있다. 보다 더 광범위한 사용자의 확대를 위해서는 유니버설 디자인의 개념을 이용함으로써 노약자나 장애인도 사용 가능한 제품으로 바꿀 수 있다. 신뢰도 향상을 위해서는 사용하는 자재를 변경할 수 있으며 이는 제조 공정을 변경함으로써 구현할 수 있다. 기존 제품의 이미지 변경을 위해서는 포장을 차별화함으로써 가능하며

표 1. 기능적 기술적 물리적 모델링의 주요 항목.

Table 1. Key items of functional, technical and physical modeling.

| | |
|-----------------------|--|
| 기능적 모델링 (고객요구분석) | <ul style="list-style-type: none"> ① 기존 제품으로부터 귀납적인 FRs 도출 ② 제품개발전략으로부터 연역적 FRs 보완 ③ FRs 인스턴스화로 특정제품 표현 ④ 고객 그룹별 기능의 분류 ⑤ 제품가족별 FR 결정 |
| 기술적 모델링 (FR-DP 변환) | <ul style="list-style-type: none"> ① FR를 충족하는 DP 도출 ② FR-DP 간의 관계 행렬 도출 ③ 행렬의 모듈화를 통한 그룹화 ④ FR-DP로 구성된 세부 디자인 모듈 작성 |
| 물리적 모델링 (경제적 평가) | <ul style="list-style-type: none"> ① 프로세스 능력을 고려한 물리적 속성 결정 ② CA능력을 고려한 가능한 물리적인 모듈 형성 ③ 물리적 모듈의 성능평가 |

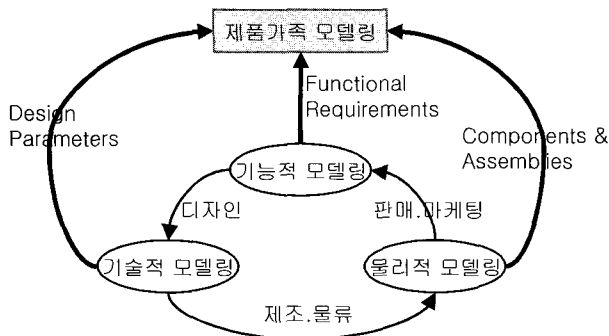


그림 1. 제품가족 모델링 아키텍처 (PFA).
Fig. 1. Product family modeling architecture.

표 2. 고객요구, 설계자 의도 및 물리적 구현방법.

Table 2. Customer's needs, designer's intention and physical implementation.

| | |
|---------|---|
| 고객의 요구 | ① 저렴한 가격 ② 사용의 편의성 ③ 고객의 범위확대 ④ 신뢰도 향상 ⑤ 기존 제품의 이미지 변경 ⑥ A/S 비용 감소 |
| 설계자의 의도 | ① 핵심기능집중 ② 디자인 변경 ③ 유니버설 디자인 ④ 사용자재변경 ⑤ 포장 차별화 ⑥ fastener 방법변경 |
| 물리적 구현 | ① 부가기능 포함여부 ② 단순한 디자인 ③ 노약자/장애자 사용가능 ④ 제조공정 변경 ⑤ 포장공정 변경 ⑥ snap fit 이용 |

이는 포장 공정의 변경으로 구현 가능하다. 추후의 A/S 비용의 감소를 위해서는 조립방법을 변경할 수 있는데 fastener 방법을 snap fit을 이용하게 개선함으로써 분해 조립을 단순화 할 수 있다. 이상의 과정이 표 2에 요약되어 나타나 있다.

III. 제품 기능분석 및 제품분해

1. 제품 기능 분석

제품 기능분석은 제품가족을 디자인 하고 제품의 구성을 정의하는데 기본적으로 요구된다. 제품의 기능은 지지기능, 안정성, 강도와 같은 그 제품의 디자인의 목적과 들어올리고, 붙잡고 회전하는 것과 같이 그 제품이 수행하는 행태의 두 가지를 나타낸다. 제품의 아키텍처는 이러한 기능과 구조와 행태의 연관관계를 통해서 그 기능이 상호작용을 하고 오작동을 방지하고 성능을 유지해 나갈 수 있도록 해 준다.

기능적 모델은 제품과 관련된 물자/부품, 에너지, 신호와의 관계를 이용해서 도식화 할 수 있다. 따라서 기능구조도는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 첫째, 제품의 전체적인 주 기능을 파악한다. 둘째, 전체 기능을 하부 기능으로 분해한다. 셋째, 분석된 여러 기능간의 상호관계가 나타나도록 단순화된 기능 구조도를 작성한다. 넷째, 각 기능과 관련된 자재, 에너지, 정보/신호의 흐름을 식별한다. 다섯째, 기본적인 기능에 더하여 2차적 부가적인 기능과 흐름을 추가한다. 이러한 절차에 따라서 나타낸 기능 구조도가 그림 3에 나타나 있다.

2. 일회용 카메라 분해를 통한 제품가족 사례분석

2.1 코닥의 제품 플랫폼 개발 전략

제품 플랫폼에 기초한 제품가족 모델링의 프레임워크를 실

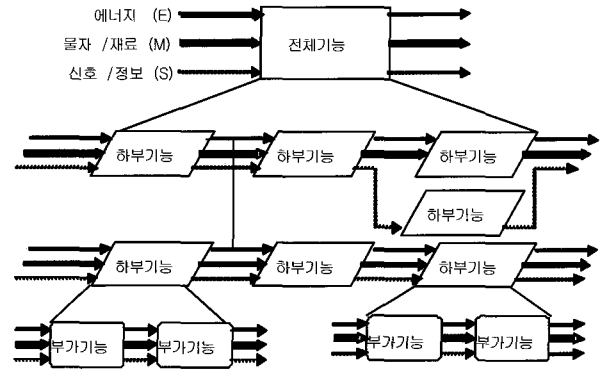


그림 3. 자재, 에너지, 신호를 이용한 기능구조도.

Fig. 3. Functional architecture composed of material, energy and signal.

제 사례분석을 통하여 확인해 보고자 한다. 사례적용의 모델로서 제품가족의 개념을 잘 나타내고 플랫폼에 기반하여 제품가족을 확장하여 개발하였으며 기능에 따른 구분이 잘 되어있는 코닥의 일회용 카메라를 채택하였다. 일회용 카메라는 당초 후지필름사에서 1987년 QuickSnap이란 모델로 35mm 모델을 미국시장에 먼저 출시하였다. 여기에 자극을 받은 코닥사에서는 1년뒤에 일회용 카메라를 출시하였으나 후지필름사는 이미 QuickSnap Flash 란 이름으로 신규 모델을 이미 출시하였다. 1989년 4월부터 1990년 7월까지 코닥사는 기본 모델을 플랫폼으로 재 설계하고 이에 기초하여 3개의 부가적인 모델을 출시하였다. 이러한 플랫폼 전략 덕분에 코닥은 제품가족을 보다 신속히 낮은 가격으로 개발 생산이 가능해 졌고, 늦은 시장 진입에도 불구하고 1994년까지 미국 시장의 70%를 차지하게 되었다.

신제품 개발과 제품가족을 위한 플랫폼 개발을 위해서는 aggregate project planning 방법이 있다. 개발단계는 제품의 변화정도와 프로세스 변화정도에 따라서 선행 R&D 프로젝트, 획기적인 프로젝트, 플랫폼 프로젝트, 파생 프로젝트, 연합 파트너쉽으로 구성되며 다음과 같다. 선행 R&D 프로젝트는 상업적인 제품개발의 전제가 되는 이노베이션과 기술개발 프로젝트의 단계이다. 획기적인 프로젝트는 새로운 핵심 제품과 프로세스를 만들 수 있도록 제품과 프로세스에서 현저한 변화를 일으키는 프로젝트 단계이다. 플랫폼 프로젝트는 앞으로 수년에 걸쳐서 레버리지가 될 수 있는 제품과 프로세스 가족의 기반을 제공하는 프로젝트 단계이다. 파생 프로젝트는 현재의 제품과 프로세스의 비용절감이나 기능 추가 혹은 현재 생산 공정을 개선하는 프로젝트단계이다. 연합 파트너쉽 단계는 개발에 필요한 자원과 활동을 레버리지 할 수 있는 프로젝트 분야에서의 파트너쉽 단계이다. 이러한 절차에 따라서 코닥사에서는 일회용 카메라의 핵심기술인 렌즈의 선행 R&D에서 시작하여 Max outdoor부터 수중용 카메라와 디지털 카메라에 이르는 제품 가족을 개발하였다.

2.2 일회용 카메라 제품가족 및 제품 분해

코닥 일회용 카메라를 대상으로 제품가족 및 플랫폼을 분석하기 위해서 현재 상품으로 판매되는 제품을 조사하고

표 3. 코닥 일회용 카메라 제품가족의 특성 비교.

Table3. Product family characteristics of Kodak one time use camera.

| 제품가족 | Max outdoor | Max flash | Max HQ | Advantis switchable | Black & white | Water & sports | Plus digital |
|------|-------------|-----------|---------|---------------------|---------------|----------------|--------------|
| 이미지 | | | | | | | |
| 필름 | 35밀리 칼라 | 35밀리 칼라 | 35밀리 칼라 | 24밀리 칼라 | 35밀리 흑백 | 35밀리 칼라 | 35밀리 디지털 |
| 배터리 | no | yes | yes | yes | yes | no | yes |
| 방수기능 | no | no | no | no | no | yes | no |
| 디지털 | no | no | no | no | no | no | yes |

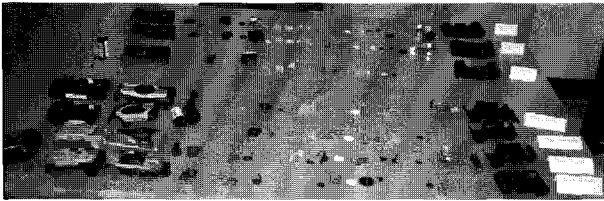


그림 4. 일회용 카메라 분해도(후지 3개 모델, 코닥 4개 모델).
Fig. 4. One time use camera dissection (Fuji 3 models, Kodak 4 models).

분석하였다. 위의 표 3은 코닥의 일회용 카메라 7개 제품가족의 특성을 비교한 표이다.

제품의 기능을 이해하고 각 구성품간의 조립관계와 작동 원리에 대한 물리화적인 원리를 이해하는 가장 좋은 방법은 제품을 분해해서 분석해 보는 것이다. 특히 제품가족은 유사제품군을 형성하므로 구성부품간의 공통부품과 유사 변형 부품 및 상이한 부품으로 분류해 볼 수 있다. 다음 그림 4는 표 3에 제시된 일회용 카메라 7개 모델중에서 서로 현저히 구별되는 4개 모델을 분해하여 나열한 사진이다.

제품의 분해는 물리적인 변형없이 다시 제조립이 가능한 부분까지 진행되었다. 일회용 카메라는 부품의 재 활용도가 70% 정도에 이를 정도로 재 사용을 전제로 하여 개발 되었으므로 배터리 관련 회로기판에 일부 부품이 용접으로 결합된 것을 제외하면 대부분의 작은 구성품까지 분해가 가능하게 설계되어 있다. 구성부품의 개수는 Max outdoor가 19개, Max flash가 25개, Funsaver 모델이 22개, Max water 모델이 24개이다. 이 중에서 전체 4개 제품가족에 모양 색깔 크기 등이 완전히 동일한 부품은 7개 정도로 아주 높지는 않았으나 나머지 부품도 색깔이나 모양을 조금 변형시킨 유사부품으로 구성되어 있다.

IV. 제품가족의 기능적 구조 모델링

1. 기능적 구조 절차

제품가족의 기능적 구조 모델링을 위한 단계를 다음과 같이 제안한다. 우선 제품을 분석하여 주기능, 서브기능, 부가기능을 식별한다. 다음은 고객의 요구를 조사하는 단계로서 고객의 요구 기능(CR: Customer Requirement)을 식별하고 각 기능에 대한 고객의 중요도를 평가한다. 다음 단계는 이를 기반으로 하여 기능적 구조분석을 실시할 수 있다. 고

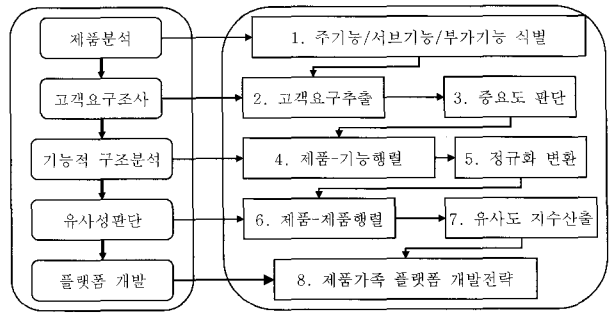


그림 5. 기능적 구조 모델링을 위한 단계.

Fig. 5. Stages for functional structure modeling.

객의 평가를 기준으로 하여 제품가족과 세부기능으로 구성된 행렬을 작성하고 평가에 따른 주관적 차이를 줄일 수 있도록 정규화를 실시한다. 정규화된 행렬을 바탕으로 유사성 판단을 위해서 행렬간의 내적을 이용하여 제품-제품 행렬을 작성하고 이로부터 제품가족간에 세부기능의 유사도를 판단해 볼 수 있다. 이상에서 기술한 기능적 구조분석을 위한 절차가 그림 5에 나타나 있다.

2. 기능적 구조를 위한 계량적 모델

기능과 제품 모델로 구성된 표로부터 만들어진 행렬을 제품-기능행렬 (P)이라 하고 다음과 같이 정의한다. 행렬 P에서 열은 제품가족의 모델을 나타내고, 행은 제품의 하위 기능을 표시한다.

$$P = \{p_{ij}\} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 n은 제품가족의 종류, m은 각 제품의 하위기능의 개수고객의 최초 평가값은 주관적 생각에 따라서 차이가 많으므로 이러한 차이를 보완하기 위해서 P 행렬을 정규화시킬 필요가 있다. Stone et al. (1999)에서 제시한 계량화 모델을 이용하여 위 (1)을 정규화한 식을 N이라고 하면,

$$N = \{n_{ij}\} = p_{ij} \left(\frac{\bar{p}}{p_{ij}} \right) \cdot \left(\frac{f_i}{f} \right) \quad (2)$$

여기서, j-th 제품에 대한 고객 필요평가 지수

$$p_j = \sum_{i=1}^m p_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

고객의 필요평가 지수의 평균

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_j \quad (4)$$

j-th 제품에 대한 서브-기능의 개수

$$f_j = \sum_{i=1}^m H(p_{ij}), j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

H는 서브-기능의 유무를 계산하는 Heaviside 함수.

서브-기능의 평균 개수 $\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_j f_j$ (6)

정규화된 제품-기능 행렬 N 을 도치한 행렬 N^T 와 본래행렬 N 과의 곱을 K 라고 정의하면 이는 제품-제품 행렬로서 제품 상호간의 관계를 나타낼 수 있다. 여기서 K 의 각 요소 x_{ij} 는 i -번째 제품의 j -번째 제품에 대한 투영을 나타낸다.

$$K = \{x_{ij}\} = N^T N \quad (7)$$

3. 일회용 카메라를 이용한 구현

앞에서 제시된 절차와 계량적 모델을 일회용 카메라를 이용해서 각 단계별로 구현해 보고자 한다.

단계 1: 일회용 카메라를 이용한 제품의 기능 구조도는 다음과 같다.

카메라의 주 기능은 사진을 촬영하는 것으로 정의할 수 있으며, 이를 지원하는 서브기능을 물자흐름, 에너지 흐름과 신호흐름을 이용하여 나타내었으며, 부가적인 기능으로 수중촬영이 가능한 방수커버와 일회용 디지털 카메라 기능을 고려하여 그림 6에 나타내었다.

단계 2-3: 일회용 카메라에 대한 고객의 요구를 추출하고 이의 중요도를 평가한다.

고객의 요구조사는 제품개발의 가장 중요한 단계이다. 고객의 요구를 판단하고 동시에 각 요구 기능에 대한 고객의 중요도를 평가하게 한다. 가중치를 위해서는 0에서 5사이의 수치값을 이용해서 중요도를 조사할 수 있다. 고객의 요구사항에 따라서 이에 따른 제품의 서브기능을 추출하는 것이 필요하다. 하나의 고객 요구사항에 대해서 여러 가지 서브 기능이 필요한 경우에는 관련되는 서브 기능을 전부 추출한다. 표 4는 일회용 카메라의 가장 기본 모델인 코다 Max outdoor 모델을 대상으로 한 고객의 요구사항 및 이와 관련된 서브 기능을 보여주고 있다.

단계 4: 각 세부기능에 해당하는 고객의 평가로부터 여러 제품가족에 대한 고객의 평가치를 구해서 제품-기능 벡터를 작성한다. 다음 표 5는 일회용 카메라 5개 모델에 대한 제품-기능 행렬 (P)을 나타내 주고 있다.

단계 5: 제품-기능행렬 (P)을 정규화 변환해서 정규화된 행렬 (N)을 구한다.

표 4. 고객의 요구 및 중요도평가와 관련 세부기능 (Max outdoor 모델).

Table 4. Detail function of customer's needs and importance rating.

| 고객의 요구 | 중요도* | 관련 세부기능 |
|----------|------|------------|
| 사진의 선명도 | 4 | 렌즈 분해능/해상도 |
| 배터리 여부 | 0 | 야간촬영기능 |
| 사용의 편의성 | 5 | UI, 매뉴얼 |
| 재활용성 | 4 | 부품의 재사용 |
| 원거리 촬영 | 3 | 근거리/원거리 |
| 실내 촬영 기능 | 2 | 실내촬영능력 |
| 수중 촬영 | 0 | 방수 기능 |
| 디지털 능력 | 0 | 디지털 기능 |

* 중요도는 0-5의 스케일로서 아주 중요하면 5, 없어도 무방한 기능이면 1, 완전히 없는 기능은 0으로 부여.

표 5. 고객의 요구 및 중요도 평가와 관련 제품-기능행렬 (P).
Table 5. Product-Function matrix of customer's needs and importance evaluation.

| 세부기능 | 제품모델* | | | | |
|----------|-------|----|----|----|----|
| | m1 | m2 | m3 | m4 | m5 |
| 해상도 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 야간촬영 기능 | 0 | 4 | 5 | 0 | 4 |
| 사용의 편의성 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 부품의 재사용 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 원거리 촬영능력 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 실내촬영 기능 | 2 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 방수기능 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 디지털 기능 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |

* 제품모델: m1: Max outdoor, m2: Max flash, m3: Fun saver flash, m4: Max water, m5: digital

표 6. 제품-기능행렬을 정규화 한 값 (N).

Table 6. Normalization (N) of product-function matrix.

| m1 | m2 | m3 | m4 | m5 |
|------|------|------|------|------|
| 4.37 | 4.10 | 4.21 | 4.10 | 3.18 |
| 0.00 | 4.10 | 4.21 | 0.00 | 4.24 |
| 5.46 | 4.10 | 3.37 | 3.08 | 4.24 |
| 4.37 | 3.08 | 3.37 | 3.08 | 4.24 |
| 3.28 | 4.10 | 4.21 | 4.10 | 3.18 |
| 2.19 | 4.10 | 4.21 | 4.10 | 3.18 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.13 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.29 |

표 5에 주어진 제품-기능행렬을 이용해서 (3)-(6)의 값을 구하면, $p_j = \{18, 23, 28, 23, 26\}$, $\bar{p} = 23.6$, $f_j = \{5, 6, 6, 6, 7\}$, $\bar{f} = 6.0$ 가 된다. 이 결과와 위의 (2)를 이용해서 표 5에 주어진 제품-기능행렬을 정규화 시키면 표 6과 같이 변환된다.

단계 6: 제품-기능행렬의 상호 곱으로부터 제품-제품행렬을 구한다.

위 단계에서 계산된 제품-기능행렬로부터 제품간의 기능의 유사성을 판단하기 위해서 행렬의 내적을 이용한다. 하나의 제품 a와 다른 제품 b에 대한 내적 $a \cdot b$ 는 b제품의 a 제품에 대한 투영을 나타낸다. 즉 제품 a와 자기 스스로에 대한 내적은 1이고 (100% 부품 공유), 완전히 서로 다른 제품, 즉 상호간에 공통부품이 없는 제품에 대한 내적은 0의 값을 가진다. 이러한 성질을 이용해서 제품가족간의 유사성을 판단해 볼 수 있다. 정규화 행렬 (N)에 (7)을 적용하면 표 7과 같은 제품-제품 행렬 (K)이 구해진다.

단계 7: 제품-제품행렬 (K)로부터 제품가족간의 유사도를 유추할 수 있다.

다음 표 7에서 m1이 속한 행을 기준으로 비교해 보면 각 제품가족의 유사성을 비교해 볼 수 있다. m1에 해당하는 제품의 자기 자신과의 유사성은 1이므로, m1셀의 값 83.56을 1로 가정했을 때 다른 제품의 값을 표 8과 변환해

표 7. 정규화된 제품-기능 행렬로부터 계산된 제품-제품행렬 (K).

Table 7. Product-product Matrix (K) from the normalized product-function matrix.

| | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|
| | m1 | m2 | m3 | m4 | m5 |
| m1 | 83.56 | 76.23 | 7.59 | 70.63 | 72.89 |
| m2 | 76.23 | 93.70 | 93.40 | 72.65 | 86.93 |
| m3 | 74.59 | 93.40 | 93.77 | 72.65 | 86.58 |
| m4 | 70.63 | 72.65 | 72.65 | 95.81 | 65.20 |
| m5 | 72.89 | 86.93 | 86.58 | 65.20 | 112.14 |

표 8. m1과 m2모형을 기준으로 한 다른 제품가족간의 유사성 비교.

Table 8. Similarity based on model m1 and m2.

| | | | | | |
|---------|---------|-------|----------|-------|---------|
| 기준 모델 | Outdoor | Flash | Funsaver | Water | Digital |
| Outdoor | 1.00 | 0.91 | 0.89 | 0.85 | 0.87 |
| Flash | 0.81 | 1.00 | 1.00 | 0.78 | 0.93 |

볼 수 있다. 즉 고객의 요구 평가에서, m2인 Max flash 모델은 Max outdoor와 91% 정도 유사성을 가지고 있으며, Water 모델은 Max outdoor와 85% 정도 유사성을 가지고 있다. 마찬가지로 Flash 모델을 기준으로 할 때 다른 제품과의 유사성도 기준되는 제품의 행이나 열을 기준으로 하여 대각선의 값을 1로 두었을 때 다른 제품의 정규화된 값이 그 제품과 유사성을 나타내게 할 수 있다. 여기서 보면 Flash 모델과 Funsaver 모델은 공히 플래쉬 기능을 보유하고 있으며, 단지 플래쉬의 성능 차이만 존재하는 유사모델이므로 유사성의 값도 거의 일치하는 결과를 보여주고 있다.

단계 8: 제품의 플랫폼은 주어진 제품가족 내에서 제품과 제품간에 일정한 값을 가지는 일련의 공통된 파라메타, 특성이나 구성품을 나타낸다. 위에서 분석한 유사성 지수도 제품의 플랫폼을 구성하는 모듈화의 기초가 되는 자료를 제공할 수 있다. 예를들면 Flash와 Funsaver 모델은 다 같은 배터리를 부착한 모델로서 배터리의 성능에 따른 촬영거리의 차이로 가격을 차별화 하고 있으므로 두 모델간에는 대부분의 구성부품을 공유하는 플랫폼의 적용이 유리함을 알 수 있다.

여기서는 계량적인 방법을 제시하였으나 또한 실증적으로 모든 구성품의 분해 후 부품간의 유사성을 식별하고 기능을 파악함으로써 서브 부품의 모듈화와 플랫폼 전략을 수립할 수 있다.

V. 결론

향후 기업의 생산 시스템은 개별 고객의 요구를 수용하면서 유연성과 다양성을 유지하되 대량 생산의 효율과 시스템의 안정성을 겸비한 대량 맞춤이 되어야 한다. 본 연구에서는 대량 맞춤을 위한 방안으로서 제품 가족 개념을 제안하고 이를 구현하기 위해서 제품가족의 기능적 모델링을 위한 방안을 제시하고자 하였다. 제품의 기능분석을 위해서

는 우선적으로 제품의 분해를 통한 기능의 정의가 필요하다. 고객의 여러 서브 기능에 대한 중요도로부터 작성된 제품-기능행렬은 여러 고객의 기능에 대한 의견과 평가를 계량적으로 분석할 수 있는 방법을 제공한다. 또한 이로부터 계산된 제품-제품행렬은 기능과 고객의 요구를 반영한 일련의 제품가족간의 유사성의 정도를 보여주고 있으며, 이를 이용해서 제품가족의 플랫폼 전략을 수립할 수 있다.

본 연구에서는 제품가족의 기능적인 구조적 모델을 위한 방안을 제안하고 일회용 카메라 제품가족을 이용해서 이를 적용해 보았다. 향후의 연구과제로는 본 방안이 이어서 기능적 모델링을 바탕으로 하여 실제 관련 구성품의 플랫폼을 만들고 이들을 모듈화하는 방법론의 개발과 실제로 적용이 요망된다.

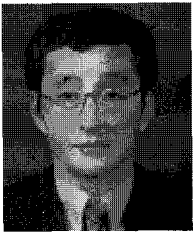
참고문헌

- [1] K. Ulrich, "The role of product architecture in the manufacturing firm," *Research Policy*, vol. 24, 419-440, 1995.
- [2] M. H. Meyer and A. P. Lehnerd, *The Power of Product Platform*, The Free Press, New York, NY, 1997.
- [3] T. W. Simpson, J. R. Maier, and F. Mistree, "Product platform design: Method and application," *Research Engineering Design*, vol. 13, pp. 2-22, 2001.
- [4] S. Kota, K. Sethuraman, and R. Miller, "A metric for evaluating design commonality in product families," *Journal of Mechanical Design*, vol. 122, 403-410, December 2000.
- [5] 김태운, 이경중, "온톨로지 기반 제품가족 모델링," *한국기능정보 시스템학회 논문지*, 제 12 권, 제 3 호, pp 127-142, 2006.
- [6] 김동훈, 송준엽, "지식친화형 지능공작기계 -Part 1: M2M 환경에서의 Agent 표준 플랫폼 기반 Dialogue Module 설계," *제어·자동화·시스템공학 논문지*, 제 12 권 제 6 호, pp. 600-607, 2006.
- [7] R. Stone, K. Wood, and R. Crawford, "Product architecture development with quantitative functional models," In Thurston D. (ed) *ASME design theory and methodology*, '99, DETC99/DTM-8764, ASME, New York, 1999.
- [8] R. Kumar and V. Allada, "Customer need driven function-behavior platform formation," *Proceedings of the 2005 DETC, 31st Design Automation Conference*, September 24-28, Long beach, CA, pp. 1-10, 2005.
- [9] S. Kota, "Mass customization: Implementing the emerging paradigm for competitive advantage," *Strategic Management Journal*, vol. 16 (Summer), pp. 21-42, 1995.
- [10] K. Ulrich and S. Eppinger, *Product Design and Development*, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 2000.
- [11] 유건아, "형상공간 접근 방식에 기반한 모듈식 고정쇠

의 적재 가능성 분석,” *제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지*, 제 9 권 제 5 호, pp. 398-406, 2003.

- [12] M. Martin and K. Ishii, “Design for variety: development of complexity indices and design charts.” In Parkinson A. (ed) *Advances in design automation*, DETC97/DFM-4359, ASME, New York. 1997.
- [13] B. Chidambaram and A. Agogino, “Catalogue-based customization,” In Vance, J. (ed) *Advances in design automation*, DETC99/DAC-8675, ASME, New York. 1999.

- [14] D. C. Brown, “Functional, behavioral and structural features,” *Proceedings of the 2003 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago, Illinois*, Chicago, IL, pp. 1-6, September 2-6, 2003.
- [15] T. Koga and K. Aoyama, “Product behavior and topological structure design system by step-by-step decomposition,” *Proceedings of the ASME 20034 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Salt Lake City, Utah*, pp. 1-13, September 28-October 2, 2004.



김 태 운

1977년 서울대 산업공학과 졸업. 1988년 KAIST 경영과학과 졸업. 1995년 펜실베이니아 주립대 산업공학과 졸업. 1997년~현재 경성대학교 산업공학과 교수. 관심분야는 지능정보응용, 에이전트, 제품가족 모델링.