

다양한 신체조건을 고려한 MIM 기반 모듈화 설계 방법론 MIM based modular design method considering human body

*황상철¹, #최영²

*S. C. Hwang¹, #Y. Choi (yychoi@cau.ac.kr)²
중앙대학교 기계공학부

Key words : Modularization, Product design, Human body

1. 서론

제품의 국제 경쟁력을 높이는 데는 우수한 생산기술과 더불어 시장의 요구 또는 고객의 성향 및 만족도를 제품 개념에 반영하는 것이 무엇보다 중요한 요소로 부상하고 있다. 특히 사용자의 제품 간의 상호작용이 단순 오퍼레이션이 아니고 인체 여러 부위와의 물리적인 상호작용을 수반하는 자동차, 가전제품, IT 기기, 실버 의료기기, 스포츠 제품 등의 경우에는 고객의 제품 적응성이 제품의 성공에 매우 큰 영향을 미친다.

또한 고객의 보편적, 개별적 성향을 제품에 적극적으로 반영하기 위해서는, 점차 개별화되고 다양해지는 시장요구를 체계적으로 수용할 수 있는 제품 개발 프로세스를 갖추는 것이 필수적이다.

기존의 모듈화 설계 기법은 주로 제품설계의 관점에서 설계 프로세스를 진행한다. 이러한 제품 개발 프로세스는 다양한 사용자의 제품에 대한 기능적인 욕구를 체계적으로 반영하기에 부적합하다. 본 연구는 다양한 고객의 요구사항과 고객의 신체적, 심리적 특성을 위한 모듈화 설계 방법을 개발하여 소비자의 욕구에 부응하는 고품질의 제품을 제공할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

2. 사용자 지향 모듈화 방법

소비자들의 기능상 요구와 더불어 다양한 신체 치수 변화에 대한 호환성을 확장하기 위한 모듈화 설계 방법론으로 Fig. 1 과 같이 사무용 의자를 선정하여 제품의 요소들과 신체 각 부분의 상호 연계성을 분석하여 다양한 신체 조건을 만족시키고 구조적 간섭을 최소화 할 수 있는 모듈군을 제시하고자 한다.

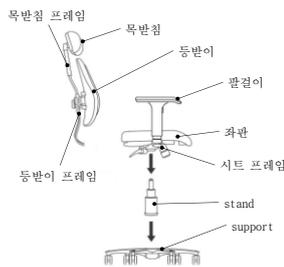


Fig. 1 Exploded view of the office chair [www.duoback.co.kr]

사용자 지향 모듈화 방법은 3 단계 과정으로 수행된다.

- 1 단계: MIM (Module Indication Matrix) 기반 개념 모듈 정의 [4].
- 2 단계: 모듈간 평가.
- 3 단계: 모듈 최적화.

2.1 MIM 기반 개념 모듈 정의

개념 모듈의 정의는 제품의 재사용성, 다양성, 사용자 지향성 등을 고려한 모듈인자를 이용하여 제품의 개념 모듈을 제시 한다.

모듈인자는 사용자 지향 모듈화를 위하여 기존의 5 가지의 모듈인자와 사용자를 고려한 모듈인자 3 가지를 추가

하여 Table 1 과 같이 8 개를 사용 하였다.

Table 1 module drivers

모듈인자	내용
재사용성	해당 부품이나 솔루션이 차세대 제품이나 다른 제품군에 재사용성 되는가
기술 요구	기계식에서 전자식 혹은 재질 변경 등의 기술의 진화 가능성이 있는가
차별화 항목	고객 요구사항에 영향을 받는가
스타일	유행이나 Trend 에 영향을 받는가
공통 요소	모든 제품에 공통으로 사용되는 기본 기능을 가지는가
편의성	고객 편의사항에 영향을 받는가
신체치수변화	다양한 고객의 신체 사이즈에 영향을 받는가
안락감	고객이 느끼는 편안함에 영향을 받는가

MIM 은 제품 요소(또는 선택된 솔루션)와 모듈 인자간의 연관성을 나타낸다. MIM 의 연관성은 밀접한 관계를 가지면 9, 보통이면 3, 낮으면 1 인 값으로 나타내고 요소들 중 가장 높은 합계를 받은 요소로부터 모듈화를 시작한다. 또한 모듈의 이상적인 후보의 수는 제품 요소의 평균 수의 제곱근 만큼의 수로 정한다.

MIM 에서의 개념 모듈화는 제품의 요소들이 모듈인자와의 관계가 유사한 요소들끼리 묶음으로써 하나의 모듈로 정의 한다.

다음의 Fig. 2 는 Fig.1 의 사무용 의자를 MIM 으로 나타내고 개념 모듈을 정의 하였다.

모듈인자	제품요소								
	목받침 프레임	목받침	등받이	팔걸이	좌판	등받이 프레임	시트 프레임	stand	support
재사용성		1		1		1		9	9
기술요구									
차별화항목	3				3				3
스타일	9	3	9	3	9	3	9		3
공통요소	9	3	1	3	9	3	1	9	9
편의성			9				9		
신체치수변화	9	3	3	9	9	3	1	9	1
안락감	9			9					3
합계	39	10	22	16	39	10	20	27	19
모듈후보	4		4		4			4	



M1	등받이+좌판+등받이커버
M2	stand+support+시트프레임
M3	목받침+팔걸이
M4	등받이+목받침+팔걸이

Fig. 2 Concept modules based on MIM

2.2 모듈간 평가

사용자 지향 모듈의 평가는 제품의 요소들간의 의존도와 다양한 신체 부분과 각 요소들의 의존도에 따라 1 점, 3 점, 5 점을 부여하여 평가 하였다.

Fig. 3 은 3 단계에서 정의된 개념 모듈을 평가한 표이다.

depend evaluation matrix		module		M1		M2		M3		M4	
module	Comp/Assy	Comp/Assy	Comp	동반이	동반이/키버	외관	stand	support	시트f	팔걸이	목받받침
M1	동반이	0	5	1	0	0	1	1	0	5	3
	동반이/키버	5	0	1	0	0	1	1	0	5	3
	외관	1	1	0	0	0	3	0	0	3	1
M2	stand	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
	support	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	시트f	1	1	3	5	0	0	0	0	5	1
M3	팔걸이	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5
	목받받침	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	동반이	5	5	3	0	0	5	0	0	5	3
M4	목받받침	3	3	1	0	0	1	0	5	5	0
	팔걸이	1	1	3	0	0	3	5	0	3	0
	동반이	5	5	1	0	0	0	0	0	5	3

depend evaluation matrix		module		상체감의		영양이나		허벅지감		허벅지나		종아리감		허리감	
module	Comp/Assy	Comp	상체감의	상체너비	영양이나	허벅지감	허벅지나	종아리감	종아리나	허리감	허리너비	종아리감	종아리나	허리감	허리너비
M1	동반이	5	5	1	0	0	0	0	0	0	5	5	5	1	0
	동반이/키버	5	5	1	0	0	0	0	0	0	5	5	5	1	0
	외관	0	0	5	5	5	5	0	1	0	0	0	0	0	0
M2	stand	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	support	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	시트f	0	0	5	5	5	5	0	3	0	0	0	0	0	0
M3	팔걸이	0	5	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	목받받침	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	동반이	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
M4	목받받침	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	팔걸이	0	5	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	동반이	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

dependency ratings	
1	lowly dependent
3	dependent
5	Highly dependent

Fig. 3 A generalized modularity evaluation matrix

2.3 모듈화 측정

모듈화의 측정은 한 모듈이 그 밖의 다른 모듈과 독립적인 구조를 가지기 위해 한 모듈 안에서의 요소들의 의존도를 측정하였다[3].

D_{in} 은 한 모듈 안에서의 요소들간 의존도이며 D_{out} 은 하나의 모듈과 그 밖의 다른 모듈의 요소들간 의존도이다.

$$Relative\ Modularity_{in}(RM_{in}) = D_{in}/(D_{in} + D_{out})$$

2 개의 파라미터(D_{in} , D_{out})의 측정은 다음과 같다:

$$D_{in} = \sum_{m=1}^M \sum_{i=r}^{s-1} \sum_{j=i+1}^s \sum_{b=1}^B \left(\sqrt{D_{ib} * D_{jb}} + D_{ij} \right)$$

$$D_{out} = \sum_{m=1}^M \sum_{i=r}^{s-1} \sum_{n=m+1}^M \sum_{j=r}^s \sum_{b=1}^B \left(\sqrt{D_{ib} * D_{jb}} + D_{ij} \right)$$

여기에서 m 은 모듈 인덱스, M 은 제품 전체 모듈 개수이며 b 는 신체 부분 인덱스, B 는 모든 신체 부분의 개수이다. D_{in} 의 ij 와 D_{out} 의 ij 는 각각 같은 모듈에서의 요소들과 다른 모듈에서의 요소들을 의미한다. 또한 r 과 s 는 모듈(m 또는 n)의 처음과 마지막 요소이다. D_{ib} 와 D_{jb} 는 신체 부분과 제품의 요소들 사이의 의존도를 나타내며 D_{ij} 는 제품의 요소들간의 의존도를 나타낸다.

그러므로 위의 수식은 한 모듈 안에서와 한 모듈과 그 외의 모듈의 처음요소에서 마지막 요소까지 요소들간의 의존도와 요소와 신체부위간의 의존도를 나타낸다.

모듈화의 측정값은 0~1 사이의 값이며 RM_{in} 의 모듈 값이 1에 가까울수록 모듈화가 잘된 것을 의미한다.

Table 2 는 Fig. 3 에서 평가한 값을 측정한 결과이다.

Table 2 Relative modularity of the office chair

Module	D_{in}	D_{out}	RM_{in}
M1	32	136.6	0.19
M2	12.2	61.3	0.17
M3	0	57.4	0
M4	15.1	120.9	0.1

2.4 모듈 최적화

모듈을 평가한 값의 측정된 결과가 좋지 않다면 최적의 모듈을 정하기 위해 다시 모듈을 결정하고 측정 해야 한다. 새로운 모듈을 결정하는 방법으로 4 가지를 제시한다.

1. 필요 없는 모듈을 다른 모듈에 포함시킨다.

2. 모듈을 포함시킬 수 없다면 그 모듈의 요소를 다른 모듈에 포함시킨다.
3. 1,2 번이 불가능 하다면 새로운 모듈을 만든다.
4. 모두 불가능하면 재설계를 한다.

모듈을 재결정 할 때 fig. 3 에서 제품의 요소와 신체 부분과의 관계를 먼저 고려하고 다음으로 요소들간의 의존성을 고려하여 새로운 모듈을 정의 한다.

위와 같은 방법을 통해 사무용 의자의 새로운 모듈을 정의하고 모듈을 다시 측정한 결과 Table 3 과 같은 결과를 얻었다.

Table 3 Relative modularity of office chair after applying of the modular redesign methodology.

Module	D_{in}	D_{out}	RM_{in}
M1	34.8	94	0.3
M2	19.7	64.8	0.2
M3	7.2	5	0.6
M4	15.9	84.2	0.16
M5	5	23.7	0.17

3. 결론

본 논문에서는 소비자들의 다양한 요구사항과 고객의 신체적, 심리적 특성을 위한 모듈화 설계 방법을 제시하기 위해 개념 모듈을 각각의 요소들과 요소와 그 요소에 관계된 다양한 신체 부분의 의존성을 평가 하였다.

각각의 모듈들의 독립성을 확인하기 위해 평가된 표를 사용하여 한 모듈의 의존도(D_{in})와 한 모듈과 그 밖의 다른 모듈간의 의존도(D_{out})를 측정 하였으며 측정된 각각의 모듈 의존도를 종합하여(RM_{in}) 모듈화를 평가하였다.

본 논문에서는 모듈화 방법론을 분석하기 위해 사무용 의자를 선택하여 모듈화를 진행한 결과 적합한 모듈화가 이루어 지지 않았다. 적합한 모듈화를 위해 모듈 최적화 방법을 사용하여 새로운 모듈을 정의하고 다시 모듈화를 측정하여 처음보다는 적합한 모듈화를 얻을 수 있었다.

향후 연구방향으로는 다양한 신체 조건에서 제품의 요소들이 조절을 통해 만족시킬 수 있는 부분과 그렇지 못한 부분을 나누어 모듈을 설계하는 방법을 연구하고자 한다.

후기

본 연구는 교육과학기술부의 재원으로 한국과학재단 기초과학연구사업(과제번호 R11-2007-028-03001-0)과 특정기초연구지원사업(과제번호 R01-2006-000-10327-0)의 지원을 받아 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Ericsson, A. and Erixon, G., "Controlling design variants: Modular product platforms", *ASME Press*, New York, NY .pp145 .1999
2. Stone, R. B., Wood, K. L. & Crawford, R. H. A heuristic method for identifying
3. Gershenson, J. K., Prasad, G. J., & Allamneni S. Modular Product Design: a lifecycle view. *Transactions of the SDPS*. Vol 3. No 4. pp. 13-26. Dec 1999.
4. Erixon, Gunnar (1996), "Modular Function Deployment (MFD), Support for Good Product Structure Creation", Presented at the 2nd WDK Workshop on Product Structuring, June 3-4 -96 in Delft, Holland.