

신체부위 상관관계를 고려한 사무용의자의 사용자 지향 모듈화 설계 및 평가

Modular design and evaluation for a human oriented office-chair considering correlations between body parts

*김진호, #최영, 황상철
*J. H. Kim, #Y. Choi (yychoi@cau.ac.kr), S. C. Hwang
중앙대학교 기계공학부

Key words : Modularization, Product design, Human body

1. 서론

소품종 소량생산을 하던 생산방식은 산업사회로 발전함에 따라 다품종 대량생산으로 그 방식이 변화했다. 소품종 소량생산은 소비자의 요구를 충분히 만족시키지만, 생산비용이 커지는 반면 다품종 대량생산은 일괄적인 생산으로 인해 고객의 요구를 만족시키지 못하지만, 보다 낮은 생산비용이 든다.

현재 각 기업별 경쟁은 높아진 소비자의 요구를 만족시키면서 효율적인 생산을 유도하고 있으며, 이에 맞추어 보다 객관적이고 보편적인 방법의 설계 방법론이 개발되고 있다.

기존에는 부품의 기능적, 물리적 특징을 고려한 모듈화 설계방법에 대한 연구가 진행되었다 [1]. 그러나 이러한 제품의 생산적 측면을 고려한 모듈화 설계방법은 소비자의 요구를 수용하기 부적합하다고 할 수 있다. 본 연구는 신체부위를 기반으로 모듈화를 진행하고 신체부위의 상관관계를 이용해 추가적인 설계방안을 모색함으로써 대부분의 소비자의 요구를 충족하는 제품을 개발하는 모듈화 설계 방법론을 제안한다.

2. 신체부위를 고려한 모듈화 방법

소비자의 신체부위 이용성과 제품의 신체접촉성을 고려하여 사무용의자를 설계 대상으로 모듈화를 진행한다. 일반적으로 사무용의자는 Fig. 1 과 같은 구조로 이루어져 있으며, 일괄적인 크기와 디자인에 조절 기능만을 제공했다.

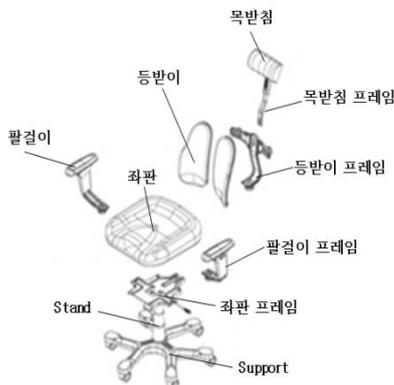


Fig. 1 Exploded view of office-chair [2]

신체부위를 고려한 모듈화 설계는 다음과 같은 과정으로 진행된다.

- 제품 요소와 관련된 모듈 인자로 신체부위 파악
- Module Indication Matrix(MIM)을 이용한 신체부위와 제품 요소간 모듈화 [3]
- 모듈화 평가
- 신체부위간 상관관계를 통한 재모듈화 방안 모색

2.1 제품과 관련된 모듈 인자로 신체부위 파악

지식경제부 기술표준원 Size Korea 에서 제공하는 신체부위 중 좌식 상태와 관련된 12 가지 모듈 인자를 추출하였다. 대상은 남녀구분 없이 20~60 세의 대한민국 성인을 대상으로 했다. 또한, 사무용의자는 10 개의 큰 부품으로 나누었다.

2.2 MIM 을 이용한 부품과 신체부위간의 관계를 이용한 모듈생성

모듈 구성을 위해 모듈 인자와 제품 요소 사이의 연관성을 파악한다. 그 정도에 따라 5, 3, 1 점으로 세 가지 점수를 부여한다 [3]. 부여된 점수 영역을 통해서 Table 1 과 같이 신체부위와 관련된 제품 요소가 총 5 개 모듈로 나뉘는 것을 알 수 있다.

M1(모듈 1)의 구성 요소로 좌판과 좌판 프레임이 될 수 있으며, M2 는 등받이와 등받이 프레임으로 구성된다. 같은 방법으로 M3(목받침, 목받침 프레임), M4(Stand, Support) 그리고 M5(팔걸이, 팔걸이 프레임)으로 나뉘었다.

Table 1 MIM for office-chair

모듈인자	제품 요소									
	좌판	좌판 프레임	등받이	등받이 프레임	목받침	목받침 프레임	Stand	Support	팔걸이	팔걸이 프레임
몸통부분	기스너비		5	5					5	3
	배꼽수준미라너비	3	3	1					3	3
	등걸이			5	5	3	1			
	목뒤등배워저드정이수준걸이			5	5	5	5			
상지부분	위팔수직걸이			1		3	1		5	3
	아래팔수평걸이								5	5
	팔꿈치사이너비			3						
다리부분	앞은팔꿈치높이								5	5
	앞은영덩이너비	5	5						1	3
하지부분	영덩이수직걸이	5	5							
	앞은영덩이오금수평걸이	5	5				1			
하지부분	앞은오금높이		1					5	5	

3. 모듈화 평가

모듈화는 한 모듈에 영향을 미치는 신체부위가 다른 모듈에 영향을 미치지 않아야 한다. 또한, 정의된 모듈이 다양한 신체조건을 만족시키기 위해서는 신체조건에 따라 구분된 다양한 모듈들의 결합이 가능해야 한다.

이를 위해 신체부위와 제품요소간 상관관계 및 제품 요소간 구조적 간섭에 대한 상관관계를 분석하였다. 분석된 상관관계를 기반으로 모듈이 적합한 모듈인지의 여부를 정량적으로 평가하기 위해 모듈화를 측정하였다.

한 모듈이 그 밖의 다른 모듈과 독립적인 구조를 가지기 위해 한 모듈 안에서 요소들의 의존도와 하나의 요소와 그 요소가 포함되지 않은 모듈들의 요소들간 의존도 비율 Relatively Modularity(RM_m)를 측정하였다 [4].

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

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

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

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 i, j 와 D_{out} 의 i, j 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 신체부분과 제품의 요소들 사이의 의존도를 나타내며 D_{ij} 는 제품의 요소들간의 의존도를 나타낸다.

Table 2 는 위의 식을 통하여 측정된 값인데, 전체 모듈화의 측정 값이 좋지 않은 결과를 보여주고 있다.

Table 2 Relative modularity of office-chair modules

Module	D_{in}	D_{out}	RM_{in}
M1	18.87	4	0.83
M2	20.6	21.35	0.49
M3	5	5.73	0.47
M4	8.46	10.46	0.45
M5	17.2	30	0.36

4. 신체부위간 상관관계를 통한 재모듈화

사람 신체의 부위별 크기는 서로 상관관계가 있으며, 중회귀분석의 R^2 값을 이용해 각각의 관계를 수치적으로 파악할 수 있다. 본 연구에서는 Fig. 2 와 같이 신체부위간 상관관계 정도를 나타내는 R^2 가 0.4 이상 (그림의 경우 팔꿈치 사이너비와 가슴너비의 상관관계) 이 되는 인자만 고려하였다.

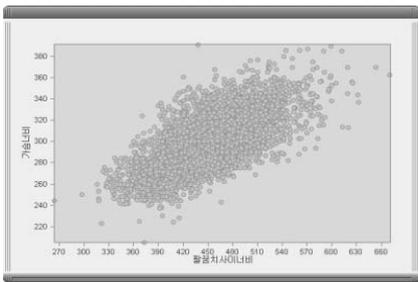


Fig. 2 An example of correlation between body parts [5]

Table 3 에서와 같이 획득한 R^2 값이 0.4 이상인 6 가지 수치와 관련된 신체부위(비교 대상 인자)를 이용하여 재모듈화에 사용하였다.

Table 3 Correlations between body parts size

	가슴너비	팔꿈치 사이너비	앞손 엄지 너비	앞손 엄지 사이너비	앞손 엄지 길이	손목 너비	목 뒷부분 위까지 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	앞손 엄지 오금 높이	손목의 수직 길이	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기
가슴너비		0.369	0.161	0.477	0.184	0.06	0.344	0.311	0.323	0.177	0.003	0.291							
팔꿈치 사이너비			0.322	0.348	0.007	0.005	0.088	0.107	0.039	0.077	0.009	0.029							
앞손 엄지 너비				0.114	0.011	0.023	0.04	0.029	0.066	0.048	0.02	0.038							
앞손 엄지 사이너비					0.074	0.045	0.115	0.161	0.164	0.105	0.068	0.14							
앞손 오금 높이						0.027	0.266	0.179	0.562	0.441	0.024	0.609							
손목 너비							0.127	0.012	0.018	0.001	0.035	0.013							
손목의 수직 길이									0.437	0.292	0.194	0.04	0.318						
목 뒷부분 위까지 팔 굽혀잡기											0.208	0.192	0.002	0.249					
어깨 팔 굽혀잡기												0.31	0.014	0.648					
어깨 팔 굽혀잡기															0.027	0.393			
어깨 팔 굽혀잡기																	0.033		
어깨 팔 굽혀잡기																			
어깨 팔 굽혀잡기																			

그 결과 Table 4 에서와 같이 비교 대상 인자와 관련된 서로 다른 모듈들을 종합하여 재모듈화 하였다. 기존의 다섯 개 모듈이 두 개의 모듈로 재모듈화되어 M1'(M1+M4+M5) 과 M2'(M2+M3)으로 재구성되었으며, 앞서 실행했던 평가와 동일한 방법으로 각각의 RM_{in} 값을 구했다. M1'은 0.65, M2'는 0.67 로 기존의 모듈화 결과인 Table 2 의 RM_{in} 보다 개선된 모듈화 결과를 얻을 수 있었다.

Table 4 Re-modularization considering correlations of body parts size

비교 대상 인자		R^2	관련부품
가슴너비	팔꿈치 사이너비	0.477	
앞손 오금 높이	어깨 팔 굽혀잡기	0.562	M4 + M5
앞손 엄지 너비	앞손 엄지 오금 높이	0.441	M1 + M4
앞손 오금 높이	어깨 팔 굽혀잡기	0.609	M4 + M5
등 길이	목 뒷부분 위까지 팔 굽혀잡기	0.437	M2 + M3
어깨 팔 굽혀잡기	어깨 팔 굽혀잡기	0.648	

5. 결론

본 논문에서는 다품종 대량생산을 목적으로 다양한 소비자의 요구에 만족을 끌어내기 위해 사무용의자를 대상으로 모듈화 설계방법론을 제안했다. 사무용의자라는 신체접촉성이 높은 대상을 통해 신체부위간 상관관계를 이용해 모듈화함으로써 목적의 타당성을 높였으며, 각각의 모듈들의 의존도와 한 모듈과 그 밖의 모듈간 의존도를 측정, 종합하여 모듈화를 평가했다. 신체부위와 제품 요소간 적합성을 이용한 모듈화의 RM_{in} 값이 대체로 낮은 0.3~0.4 해당하는데 비해 신체부위간 상관관계를 이용한 재모듈화의 RM_{in} 값은 0.66 정도로 개선된 것을 알 수 있었다.

소비자의 요구는 제품과의 적합성뿐 아니라 감성적으로 만족하는 것도 좋은 제품의 판단기준이 된다고 할 수 있다. 또한, 대량생산의 취지에 맞추기 위한 생산자의 효율적인 생산도 좋은 제품이 되는 기준이 된다.

향후 컴퓨터마우스와 같이 신체적합성이 요구되는 다른 제품에 대해 유사한 방법론 연구가 진행될 예정이며, 감성적인 평가뿐 아니라 생산자가 모듈화 설계방법론을 이용함에 있어 유용함을 평가할 수 있도록 생산관점에서의 평가 방법에 대한 연구도 수행될 예정이다.

후기

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2010-0001641).

참고문헌

1. You Tern Tsai and Kuo Shong Wang, "The development of modular-based design in considering technology complexity", European Journal of Operational Research, Vol. 119, 692-703, 1999.
2. DUOBACK KOREA Inc., <http://www.duoback.go.kr/>
3. Ericsson, A. and Erixon, G., "Controlling design variants: Modular product platforms", ASME Press, 145, 1999.
4. Sang Chul Hwang, Jin Ho Kim and Young Choi "Mass Customization Oriented Modular Design of Office-chair Considering Human Body Size" Journal of the Korea Society for Precision Engineering, Vol. 27, No. 9, 63-71, 2010.
5. Size Korea, <http://sizekorea.kats.go.kr/>