

# 휴대전화 초기설계에서의 형태인자 선정 방법론

## Methodology of Selecting FormFactor in the Early Design of Mobile Phone

이경수<sup>1,✉</sup>, 김민수<sup>2</sup>, 차성운<sup>1</sup>  
Kyung Soo Lee<sup>1,✉</sup>, Min Soo Kim<sup>2</sup> and Sung Woon Cha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.)  
<sup>2</sup> LG 전자 단말연구소 (Mobile Handset R&D Center, LG Electronics Inc.)  
✉ Corresponding author: exeter@yonsei.ac.kr, Tel: 02-2123-4811

Manuscript received: 2009.8.28 / Revised: 2010.6.14 / Accepted: 2010.8.3

*FormFactors is one of the most critical design factors in early development of mobile phone, and proper selection of FormFactors is necessary for smoothness of product development and customer satisfaction. Especially, emergence of mobile convergence added so various functions besides its original call function that importance of selecting FormFactors has increased because multiform FormFactors are needed. However there is problem such as frequent change of decision making in existing process because established process picks out FormFactors sensibly and arbitrarily through idea pull and so forth. We proposed FormFactors selection process by Axiomatic Design, set approach method and block approach method for reasonable and systematical FormFactors selection. First of all, we set the purpose of mobile phone development, and it is examined by Axiomatic Design. FormFactors design matrix is deduced through this process, the numbers of axes and rails are proposed using set approach method, and then patterns of FormFactors are embodied by block approach method. Particularly process application was tried through case study of mobile phone development, and we ensured that new FormFactors can be presented to a designer by systematical verification if change of customer requirements occurs through our process.*

Key Words: FormFactor (형태인자), Axiomatic Design (공리설계), Mobile Phone (휴대전화)

### 1. 서론

휴대전화는 짧은 역사에도 불구하고 다른 전자 제품에 비해 비약적인 성장을 이루어 왔으며 현재도 지속적인 성장세를 보이고 있다. 이러한 성장의 이면에는 정보통신 분야의 주류로 떠오르고 있는 모바일 컨버전스가 주요한 역할을 하고 있다. 휴대전화 초기에 음성통화 기능만으로 가파르게 성장하던 시장은 점차 성장 속도가 늦추어졌으나 소형 카메라를 내장함으로써 재성장을 이룩하게 되었다.<sup>1</sup> 모바일 컨버전스는 모바일 환경하에서 제

품간, 기능간 융합을 촉진시켜 소비자들이 하나의 기기로 다양한 기능 및 서비스를 이용할 수 있도록 구현해 내는 것을 의미한다.

휴대전화는 모바일 컨버전스의 중심 역할을 수행할 핵심 도구로서의 역할이 기대된다. 그 이유는 첫째, 휴대전화는 모바일 컨버전스 환경에서 소비자가 원하는 최우선 기능인 음성 통화를 최적으로 구현할 수 있는 제품이며, 둘째, 고도화된 네트워크 구축이 주로 휴대전화를 중심으로 이루어지고 있어, 휴대전화가 다양한 기능과 정보 기능을 흡수할 수 있는 최적의 위치에 서 있기 때문이

다.<sup>2</sup> 특히, 모바일 컨버전스의 등장은 휴대전화 제품 개발에 있어 가장 중요한 선정 기준인 형태인자의 선정에 대해 고민하도록 만들었다. 이에 대한 해결책으로 공리설계와 축과 레일의 수라는 아이디어를 통하여, 개발 휴대전화의 형태인자를 유추할 수 있는 방안을 제안하였으나, 어떻게 형태인자를 선정할 것인가에 대한 구체적인 프로세스는 제시하지 못하였다.<sup>3</sup>

본 논문에서는 이전 연구에서 제시하였던 정성적이고 단순한 형태인자 선정 프로세스를 보다 구체화하기 위하여 축과 레일에 관한 집합접근법과 블록접근법을 근거로 한 체계적인 새로운 형태인자 선정 프로세스를 제안하고자 한다. 이 프로세스의 핵심은 공리설계를 적용하여 검증된 설계안으로부터 형태인자 행렬을 추출하고, 최종으로 추출된 형태인자 행렬의 설계파라미터(DPs, Design parameters)에서 형태인자를 축과 레일의 관점에서 추정하는 것이다. 특히, ‘사진촬영을 할 수 있는 휴대전화’ 개발이라는 목적을 지닌 제품에 제안된 프로세스를 단계별로 적용하여 프로세스의 타당성을 확인하고자 한다.

## 2. 형태인자의 개념

형태인자는 어떤 장치의 물리적 크기나 형상을 말하는 것으로, 일반적으로 컴퓨터에서 하드웨어의 크기 구성 및 물리적 배열을 의미하는 용어로 사용되었지만, 휴대전화에서는 바, 폴더, 슬라이드와 같이 형태를 나타내는 유형을 지칭하는 용어로 휴대전화 업체에서 주로 사용하고 있다 (본 논문에서 사용한 형태인자의 개념). 형태인자는 단순한 조형적 형태뿐만 아니라 제품의 기능을 상징하기도 한다. 예를 들어 캠코더 기능이 있는 휴대전화의 경우 캠코더 제품과 유사하게 폴더를 90도 열고 다시 본체에 수직으로 90도를 돌려 측면에 장착된 카메라를 통해 동화상을 촬영하도록 유도하는 형태인자를 갖게 된다. 이러한 형태인자의 사례는 무수히 많을 뿐만 아니라 업체 간에 경쟁적으로 최초의 형태인자를 시도하려고 노력하고 있다. 이런 결과의 의미를 되짚어 보면 기능의 추가라는 인자가 새로운 형태인자를 자연스럽게 유도하고 있음을 유추할 수 있다. 그러므로 적절한 형태인자의 선정은 개발을 원활하게 하고 소비자에게 만족을 줄 수 있게 된다. 반대로 적절치 못한 형태인자의 선정은 제품 개발

의 목적과 목표에 혼선을 빚게 되고, 심지어 개발 과정 중에 형태인자를 재선정 하는 경우도 발생하게 된다.

현재의 형태인자 추세는 폴더를 기점으로 슬라이드, 스윙, 카메라와 같은 각종 기능들을 회전시키는 형태 등으로 다양해지고 있으며, 최근에는 터치스크린을 장착한 바 형태의 휴대전화가 트렌드를 형성하고 있다. 향후의 컨버전스 기능이 추가로 부가됨에 따라 현재의 터치스크린을 장착한 단순한 바 형태뿐만 아니라 색다른 형태인자의 출현도 예상할 수 있다.

## 3. 축과 레일에 의한 형태인자 유형

### 3.1 운동의 기구학적 기본 원리

기구학적으로 보면, 자유롭게 운동하는 강체는 복합운동(complex motion)을 하며, 이것은 회전운동(rotation)과 병진운동(translation)으로 이루어진다. 3차원 공간에서는 x, y, z 중의 어떤 축에 대한 회전운동과 동시에, 3개의 축 방향에 관한 성분으로 분리할 수 있는 병진운동이 있을 수 있다.<sup>4</sup> 휴대전화의 기본 모션은 Fig. 1에서 보는 바와 회전운동과 병진운동이며, 이 2가지 모션을 축과 레일의 수와 상사시켜 휴대전화의 형태인자에 대해 연구하였다. 가장 단순한 형태인자는 바 타입이다. 바 타입은 어떠한 축과 레일도 없으며 블록 그 자체이다. 기능이 다양해 질수록 더 다양한 형태인자가 존재할 수 있다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 폴립 타입, 폴더 타입, 스윙 타입, 슬라이드 타입, 측면 폴더, 폴더와 스윙의 결합 타입, 크로스 축 타입 등이 그 예이다. 형태인자의 각각은 전화 기능을 포함하여 부가된 어떤 특정한 기능을 만족시키기 위해 선택되는 것이다.

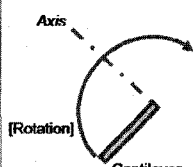
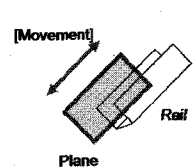
Fundamental Motion	Rotational Movement	Linear Movement
Description	Cantilever's Rotation Around the center of Axis	Plane Movement Along the Guide
Essential Reference	Axis-Rotation	Rail-Move
How move		

Fig. 1 Fundamental motion of mobile phone

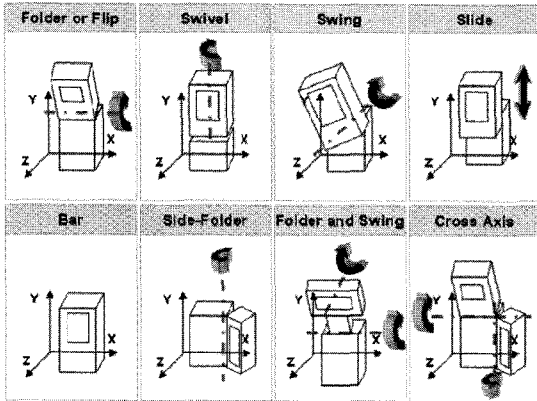


Fig. 2 Various FormFactor types in mobile market

### 3.2 집합접근법과 불특정근법

#### 3.2.1 축과 레일 수

축과 레일의 수는 형태인자의 유형을 결정하는 가장 기본적인 요소이다. 따라서 형태인자의 유형은 식 (1)과 같이 축과 레일의 수를 그룹화하여 나타낼 수 있다.

$$FFType = (\#(Axis), \#(Rail)) \quad (1)$$

즉, 형태인자의 기본적 형태는 축과 레일의 수에 의해 결정된다. 하지만, 축과 레일 수는 휴대전화의 가장 기본적 특성인 휴대성에 영향을 줄 수 있는 부피와 밀접한 관계가 있으므로, 부피가 커지는 것을 방지할 수 있도록 결정하는 것이 적절하다. 참고로 현존하는 휴대전화 중, 축과 레일의 수가 4 개를 초과하는 형태인자가 존재하지 않는데, 이는 휴대성에 적합한 부피를 구현할 수 없기 때문이다.

하지만, 식 (1)과 같은 단순한 축과 레일의 수만으로는 형태인자의 유형을 올바르게 나타낼 수 없다. 예를 들어 축의 수가 2 개인 경우, 서로 독립적인 축이 2 개 존재하는 형태인자 유형을 나타내는 것인지, 아니면 독립적인 2 개 이상의 축이 별도의 목적을 위해 겹쳐지거나 연결되어 있는 형태인자의 유형을 나타내는 것인지 설명할 수가 없다. 따라서 형태인자의 유형을 설명할 수 있는 새로운 표현방법이 필요하다.

#### 3.2.2 집합접근법을 통한 축과 레일 수의 표현

형태인자 유형의 구분을 위하여 축과 레일의

수를 새로운 표현으로 시도하였다. 집합의 기본적인 이론을 통하여 아래와 같은 식들을 도출하였다.

우선 축에 관하여 식을 도출하였다. 축에 관한 집합  $A_n$  는 독립된 축을 원소로 가지고 있는 가상의 축에 관한 집합  $P_k$  를 원소로 갖는 집합이며, 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서  $n$  ( $n=0, 1, 2, 3, \dots$ )은 축의 수를 나타낸다. 여기서  $A_0$  는  $P_0$  를 원소로 가지고 있음을 의미하고,  $P_0$  는 존재하지 않는 축, 즉, 축이 없음을 의미한다. 다시 말하면,  $n=0$  이면,  $A_0=\{P_0\}$ 으로 축의 수가 0 임을,  $n=2$  이면,  $A_0=\{P_0, P_1, P_2\}$ 으로 축의 수가 2 개임을 나타낸다. 식 (3)은 독립적인 축  $a_n$  을 원소로 갖는 가상 축에 관한 집합  $P_k$  을 나타내고, 독립적인 2 개 이상의 축이 겹쳐지거나 연결되어 있는 형태인자를 표현하기 위하여 필요하다. 여기서 가상 축이란 용어를 사용한 이유는 축의 겹침이나 연결에 따라 집합  $P_k$  에 독립된 축이 존재하지 않을 수도 있기 때문이다. 앞에서 언급한 대로  $P_0$  은 축이 존재하지 않는 경우이므로, 집합  $P_0$  의 원소도 존재하지 않는다. 만약  $n=2$  일 때,  $A_0=\{P_0, P_1, P_2\}$  이지만, 집합  $P_1$  과  $P_2$  가 독립된 축을 원소로 가지고 있는지 알 수가 없다. 만약  $P_1$  과  $P_2$  가 독립된 축을 원소로 가지고 있다면,  $P_1=\{(a_1)_1\}$  그리고  $P_2=\{(a_2)_1\}$ 로 나타낼 수 있다. 하지만, 겹쳐지거나 연결된 축을 가지고 있다면,  $P_1=\emptyset$  그리고  $P_2=\{(a_2)_1, (a_2)_2\}$ 와 같이 나타내야 한다.

$$A_n = \{ P_0, P_1, \dots, P_k, \dots, P_n \} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

$$P_k = \{ (a_k)_1, (a_k)_2, (a_k)_3, \dots \} \quad (k = 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

따라서 축의 개수는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\#(Axis) = n = \#(A_n) - 1 = \sum_{i=0}^n \#(P_i) \quad (4)$$

축의 경우와 동일하게, 레일도 식 (5)~(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_m = \{ Q_0, Q_1, \dots, Q_l, \dots, Q_n \} \quad (m = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (5)$$

$$Q_k = \{ (r_l)_1, (r_l)_2, (r_l)_3, \dots \} \quad (l = 1, 2, 3, \dots) \quad (6)$$

$$\#(Rail) = m = \#(R_m) - 1 = \sum_{j=0}^m \#(Q_j) \quad (7)$$

따라서 식 (2)~(7)에 의해 식(1)은 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$FFType = (\sum_{i=0}^n \#(P_i) = n, \sum_{j=0}^m \#(Q_j) = m) \quad (8)$$

식 (8)은 식 (1)에서 구분할 수 없었던 형태인 자의 유형을 구분할 수 있는 식이다. 예를 들어, 식 (1)에 의하면 축이 2 개 (n=2), 레일이 1 개 (m=1)인 형태인자 유형은 (2,1)와 같이 나타낼 수 있다. 하지만, 식 (8)에 의하면, 식 (9)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} & (\sum_{i=0}^2 \#(P_i) = 2, \sum_{i=0}^1 \#(Q_i) = 1) = \\ & (\#(P_0) + \#(P_1) + \#(P_2) = 2, \#(Q_0) + \#(Q_1) = 1) \end{aligned} \quad (9)$$

식 (2)~(3)과 식 (5)~(6)에 의하면,  $\#(P_n) = \#(Q_n) = 0$  이고,  $(\#(P_1), \#(P_2))$ 는 (2,0), (1,1), (0,2)의 세가지 경우의 값을 가질 수 있으며,  $\#(Q_1)$ 는 1의 값을 갖는다. 여기서  $\#(P_1)$ 과  $\#(P_2)$ 가 2 라는 의미는 3.2.1 절에서 문제로 제시한 축이 서로 겹치거나, 두 축이 별도의 목적을 가지고 연결되어 있는 경우를 의미한다. 여기서  $\#(P_1)$ 과  $\#(P_2)$ 은 단순히 어떤 축을 지칭하므로, 실질적인  $\#(P_1)$ 과  $\#(P_2)$ 의 값은 (2,0), (1,1)로 결정할 수 있다. 만약 집합 A와 R의 원소가 0이면 집합 A와 R은 공집합이며 부분집합  $P_n$ 과  $Q_m$ 은 어떤 축과 레일도 가지고 있지 않다. 따라서 이런 형태인자의 유형은 바 타입을 나타낸다.

### 3.2.3 블록 접근법

블록접근법은 집합접근법의 결과를 보완해주는 보조적 역할을 한다. 블록은 “축(회전운동) 또는 레일(병진운동)에 의해 연결된 독립적인 강체”를 의미한다. 이 때 블록은 축과 레일에 의해 각각 회전운동과 병진운동을 할 수 있다. 각각의 블록은 화면표시, 키패드, 카메라 등과 같이 지정된 목적에 따라서 입력과 출력 장치를 가질 수 있다.<sup>5</sup>

축에 대한 블록과 레일에 대한 블록은 그 접근법이 거의 유사하다고 볼 수 있다. 집합접근법에

의해 가능한 모든 형태인자들은 블록에 의해 연결된다. 즉, 축과 레일은 블록 없이 존재할 수 없으므로 1 개 이상의 축 또는 레일이 존재하기 위해서는 2 개 이상의 블록으로 축과 레일을 연결해야 한다. 따라서 일반적으로 축과 레일의 수는 블록의 수보다 작아야 한다.

Table 1 The cases based on the number of axis set

Basic	$A_n = \{P_0, P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}, P_k = \{a_1, a_2, a_3, \dots\},$	
Definition	$a_k = \text{independent axis}, \#(A_n) = n+1(0 \leq n \leq 4)$	
$\#(A_0) = 1$	$A_0 = \{P_0\}$	$\#(P_0) = 0$
$\#(A_1) = 2$	$A_1 = \{P_0, P_1\}$	$\#(P_1) = 1$
$\#(A_2) = 3$	$A_2 = \{P_0, P_1, P_2\}$	$\#(P_1) = 1, \#(P_2) = 1$
		$\#(P_1) = 2, \#(P_2) = 0$
$\#(A_3) = 4$	$A_3 = \{P_0, P_1, P_2, P_3\}$	$\#(P_1) = 1, \#(P_2) = 1, \#(P_3) = 1$
		$\#(P_1) = 2, \#(P_2) = 1, \#(P_3) = 0$
		$\#(P_1) = 3, \#(P_2) = 0, \#(P_3) = 0$
$\#(A_4) = 5$	$A_4 = \{P_0, P_1, P_2, P_3, P_4\}$	$\#(P_1)=1, \#(P_2)=1, \#(P_3)=1, \#(P_4)=1$
		$\#(P_1)=2, \#(P_2)=1, \#(P_3)=1, \#(P_4)=0$
		$\#(P_1)=2, \#(P_2)=2, \#(P_3)=0, \#(P_4)=0$
		$\#(P_1)=3, \#(P_2)=1, \#(P_3)=0, \#(P_4)=0$
		$\#(P_1)=4, \#(P_2)=0, \#(P_3)=0, \#(P_4)=0$

Table 2 The cases based on the number of rail set

Basic	$R_m = \{Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_m\}, Q_i = \{r_1, r_2, r_3, \dots\},$	
Definition	$r_i = \text{independent axis}, \#(R_m) = m+1(0 \leq m \leq 4)$	
$\#(R_0) = 1$	$R_0 = \{Q_0\}$	$\#(Q_0) = 0$
$\#(R_1) = 2$	$R_1 = \{Q_0, Q_1\}$	$\#(Q_1) = 1$
$\#(R_2) = 3$	$R_2 = \{Q_0, Q_1, Q_2\}$	$\#(Q_1) = 1, \#(Q_2) = 1$
		$\#(Q_1) = 2, \#(Q_2) = 0$
$\#(R_3) = 4$	$R_3 = \{Q_0, Q_1, Q_2, Q_3\}$	$\#(Q_1) = 1, \#(Q_2) = 1, \#(Q_3) = 1$
		$\#(Q_1) = 2, \#(Q_2) = 1, \#(Q_3) = 0$
		$\#(Q_1) = 3, \#(Q_2) = 0, \#(Q_3) = 0$
$\#(R_4) = 5$	$R_4 = \{Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4\}$	$\#(Q_1)=1, \#(Q_2)=1, \#(Q_3)=1, \#(Q_4)=1$
		$\#(Q_1)=2, \#(Q_2)=1, \#(Q_3)=1, \#(Q_4)=0$
		$\#(Q_1)=2, \#(Q_2)=2, \#(Q_3)=0, \#(Q_4)=0$
		$\#(Q_1)=3, \#(Q_2)=1, \#(Q_3)=0, \#(Q_4)=0$
		$\#(Q_1)=4, \#(Q_2)=0, \#(Q_3)=0, \#(Q_4)=0$

예를 들어 축이 3 개 인 경우, Fig. 3 에서와 같이 최소한 4 개 이상의 블록을 갖는다. 또한, 레일이 3 개인 경우도 Fig. 4 에서와 같이 4 개의 블록이 존재해야 한다. 하지만, 축 또는 레일이 겹치거나

연결될 경우, 블록의 수는 줄어든다. 만약, 식 (9)에서  $(\#(P_1), \#(P_2))=(1,1)$ 인 경우, 필요한 블록의 수는 3 개 이상이지만, 축이 겹치거나 연결된  $(\#(P_1), \#(P_2))=(2,0)$ 인 경우, 필요한 블록의 수는 2 개 이상이다. 따라서 축의 수에 따라 필요한 블록의 수는 식 (10), 레일에 수에 따라 필요한 블록의 수는 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서,  $B_A$ 는 축에 필요한 블록의 개수,  $B_R$ 는 레일에 필요한 블록의 개수를 나타낸다. 최종적으로 축과 레일이 동시에 존재하는 경우의 블록의 수는 식 (12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$B_A = \{P_1, \dots, P_p, \dots, P_A \mid P_p \neq \phi\} (A=1,2,\dots) \quad (10)$$

$$B_R = \{Q_1, \dots, Q_q, \dots, Q_R \mid Q_q \neq \phi\} (R=1,2,\dots) \quad (11)$$

$$\#(Block) = \#(B) = \#(B_A) + \#(B_R) \quad (12)$$

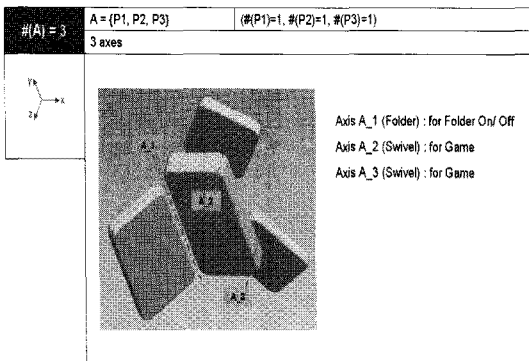


Fig. 3 Blocks with three axes

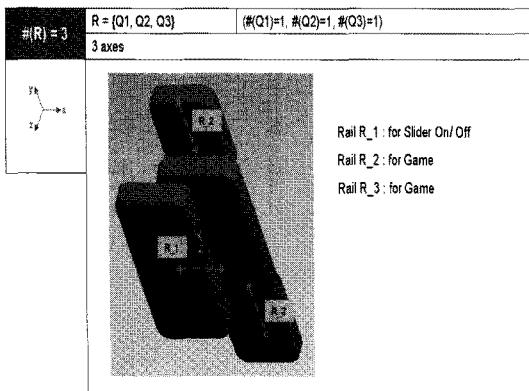


Fig. 4 Blocks with three rails

따라서 블록의 수, 축의 수 그리고 레일 수를 고려하여, 최종적인 형태인자 유형은 식 (13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$FFType = (\#(B), \sum_{i=0}^n \#(P_i) = n, \sum_{j=0}^m \#(Q_j) = m) \quad (13)$$

#### 4. 형태인자 선정 방법론

##### 4.1 형태인자 선정 시 기존 방법의 문제점

형태인자를 선정하는 기존 방법은 다분히 감각적이고 임의적이다. 개발 모델마다 제시된 디자인이나 관리 부서의 결정에 따를 수 밖에 없다. 기존 방법도 사용자의 필요성을 조사 (정략적 조사방법인 설문지 조사, 전화조사, 인터넷 조사 등과 정성적 조사방법인 인터뷰 조사(표면집단면적법 등), 관찰조사(소비자 행동 및 신체반응 관찰 등), 실험조사 등을 통하여 조사함)하고 그것에 맞는 형태인자를 찾고자 하지만 최종적으로 취할 수 있는 방법은 아이디어 풀(pool)을 이용하여 최적의 것을 선택할 수 밖에 없다.<sup>3</sup> 아이디어 풀은 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 직관적인 사고, 과거의 지식, 개발 경험, 마케팅에서 조사한 시장 트렌드, 경쟁사 정보 등이다. 형태인자를 선정할 만한 가이드라인 테이블이나 일반적인 규칙 등이 부족한 것이 현실이다. 이로 인해 설계 단계에서 형태인자에 대해 잦은 의사결정의 반복이 발생할 수 밖에 없다.

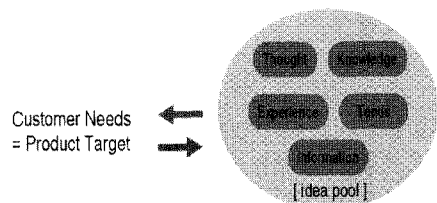


Fig. 5 Diagram symbolizing the existing method

##### 4.2 형태인자 선정 시 필요한 기능요구사항

선정 시 필요한 공리설계의 기능요구사항(FRs, Functional requirements)을 Fig. 6 과 같이 선정하였다. 여기서 선정된 FRs 는 휴대전화의 형태인자 설계 시 선정 가능한 FRs 의 후보그룹이며, 설계자는 제품 설계 시 제품의 목적에 적합한 FRs 를

후보그룹에서 선정하게 된다. 추후, 설계자들이 FRs의 후보그룹을 데이터베이스화한다면, 설계의 편리성 측면에서 큰 장점을 지닐 수 있다. 제품 개발 목적 역시 다양하게 변하는 고객 요구사항의 분석을 통하여 후보그룹의 데이터베이스가 가능하다.

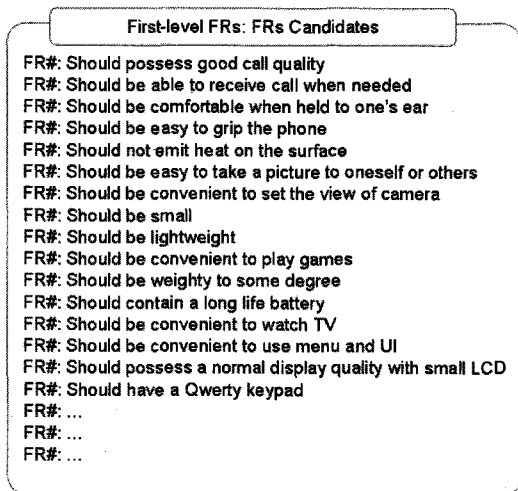


Fig. 6 Candidate group for FRs in the mobile phone

### 4.3 형태인자 선정 알고리즘

#### (1) Step 1: FRs determination of the case

FRs 후보그룹에서 첫번째 수준의 FRs를 선정하는 단계이다. 선정된 FRs를 분석하여, 목적에 적합한 FRs가 선정되었는지 확인하고, 반드시 전파 통과와 관련된 FRs가 포함되었는지 검토하여 최종적인 FRs를 결정한다. 추가적으로 FRs 후보그룹의 데이터베이스화를 위하여 후보그룹에 없는 FRs가 선정되었을 경우, 새로운 FRs(Dsta)를 후보그룹에 추가해야 한다.

#### (2) Step 2: DPs determination of the case

이 단계에서는 각각의 FRs에 해당되는 설계파라미터인 DPs를 결정한다.

#### (3) Step 3: Verification of the design matrix

공리설계의 설계행렬로 선정된 FRs가 독립성을 위배하는지를 검증하는 단계이다. 설계행렬이 독립공리를 위배한다면 Step 1이나 Step 2의 과정을 반복해야 한다.

#### (4) Step 4: Suggest the FormFactors of modules

공리설계로 독립성을 검증했으면, 선정된 FRs 중에서 형태인자와 관련되는 FRs를 선정한다. 이

과정을 통해 형태인자 설계행렬을 도출하고, 이를 기반으로 Table 1과 2의 형태인자 유형 리스트를 참조하여 제안할 수 있는 최소의 블록, 축과 레일의 수를 모듈별로 결정한다. 결정된 결과는 BAR table (The bar table represent block, axis and rail number for performing functions of each modules)을 통하여 나타낸다.

#### (5) Step 5: Suggest the final FormFactors

제안된 모듈별 축과 레일의 수를 참조하여, 형태인자 설계행렬에 근거한 최종적인 블록, 축과 레일의 수를 결정한다. 형태인자를 만들기 위해 축과 레일은 단독으로 또는 복합적으로 사용할 수 있으며 매우 다양한 형태인자의 유형을 얻을 수 있다. 여기서 제안된 형태인자 유형은 디자이너의 초별 디자인을 수행하는데 이용되고, 개발자는 초별 디자인을 통해 제품화 가능성을 검토한다. Fig. 7은 이전 연구<sup>3</sup>에서 제시된 형태인자 선정 프로세스를 구체화시킨 새로운 프로세스를 나타낸다.

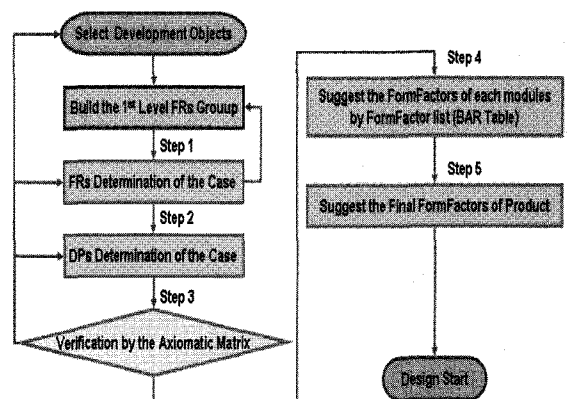


Fig. 7 Process selecting FormFactors

## 5. 사례연구

### 5.1 Step 1: FRs 선정 및 후보그룹 추가

제품개발의 목적을 카메라가 부착된 휴대전화 중 “사진 촬영이 쉬운 휴대전화”와 전화 본래의 목적인 “전화통화가 가능한 휴대전화”로 결정하였다. 이에 따라 전화통화와 관련된 첫번째 수준의 FRs는 후보그룹 중에서 아래와 같이 FR<sub>1</sub>~FR<sub>8</sub>를 선정하였고, 카메라 사용을 위한 부가적인 FRs로 FR<sub>9</sub>~FR<sub>12</sub>를 추가하였다.

- FR<sub>1</sub>: Should be able to receive call when needed
- FR<sub>2</sub>: Should be comfortable when held to one's ear
- FR<sub>3</sub>: Should be easy to grip the phone
- FR<sub>4</sub>: Should be convenient to use keys for inputs
- FR<sub>5</sub>: Should be convenient to charge
- FR<sub>6</sub>: Should be strong and robust
- FR<sub>7</sub>: Should possess good call quality
- FR<sub>8</sub>: Should not emit heat on the surface
- FR<sub>9</sub>(for Camera): Should be easy to take a picture to oneself or others
- FR<sub>10</sub>(for Camera): Should be convenient to set the view of camera
- FR<sub>11</sub>(for Camera): Should have large memory capacity
- FR<sub>12</sub>(for Camera): Should possess good display quality with large LCD

**5.2 Step 2 : FRs 에 따른 DPs 선정**

최종 선정된 FRs 에 따른 DPs 를 아래와 같이 선정하였다.

- DP<sub>1</sub>: Simple FormFactor to carry on
- DP<sub>2</sub>: Shape to be comfortable when held to one's ear
- DP<sub>3</sub>: Small size to grip
- DP<sub>4</sub>: Key map in consideration of usage
- DP<sub>5</sub>: Receptacle cover easy to open
- DP<sub>6</sub>: Stronger material than plastic (i.e., metal)
- DP<sub>7</sub>: Stable hardware design
- DP<sub>8</sub>: Device preventing emitting heat
- DP<sub>9</sub>(for Camera): Rotational camera part
- DP<sub>10</sub>(for Camera): Horizontal direction of large LCD
- DP<sub>11</sub>(for Camera): About more 300~500mAh capacity than that of only for voice call
- DP<sub>12</sub>(for Camera): More than QVGA (Quarter Video Graphics Array)

**5.3 Step 3 : FRs 의 독립성 검증**

선정된 12 개의 FRs 와 DPs 에 대한 설계행렬은 Fig. 8 과 같고, 이는 비연성화 설계를 나타낸다. 또한 Fig. 9 와 같이 시스템의 모듈 다이어그램을 도출하면 제품개발 시 M<sub>1</sub>, M<sub>5</sub>, M<sub>6</sub>, M<sub>12</sub> 의 모듈을 먼저 수행한 후에 다음 설계를 진행해야 함을 알 수 있다.<sup>5,6</sup> 여기서, M 은 모듈(Module), ©는 비연성화 설계(Decoupled design)를 나타내는 제어교차점(Control junction) 그리고 ⊕는 비연성설계(Uncoupled design)를 나타내는 합교차점(Summing Junction)을 나타낸다.<sup>6</sup>

FR <sub>1</sub>	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>1</sub>
FR <sub>2</sub>	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>2</sub>
FR <sub>3</sub>	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>3</sub>
FR <sub>4</sub>	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>4</sub>
FR <sub>5</sub>	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>5</sub>
FR <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>6</sub>
FR <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>7</sub>
FR <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	DP <sub>8</sub>
FR <sub>9</sub>	X	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	DP <sub>9</sub>
FR <sub>10</sub>	X	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	DP <sub>10</sub>
FR <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	0	DP <sub>11</sub>
FR <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	DP <sub>12</sub>

Fig. 8 Design matrix of mobile phone for case study

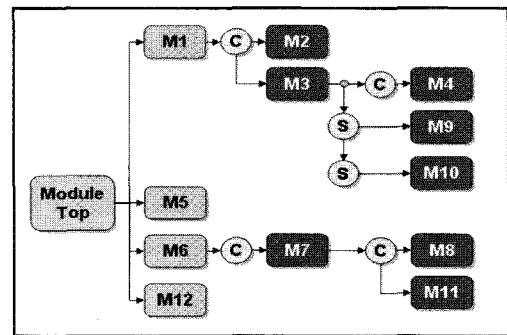


Fig. 9 System flow diagram by design matrix

**5.4 Step 4 : 모듈별 형태인자의 제안**

전체 기능요구사항에서 형태인자와 관계된 기능요구사항을 분리하여 형태인자의 기능요구사항임을 나타내고, Fig. 10 과 같은 형태인자 설계행렬을 도출하였다.<sup>3</sup>

- $\#FR_1$ : Should be able to receive call when needed
- $\#FR_2$ : Should be easy to grip the phone
- $\#FR_3$ : Should be easy to take a picture to oneself or others
- $\#FR_4$ : Should be convenient to set the view of camera
- $\#DP_1$ : Simple FormFactor to carry on
- $\#DP_2$ : Small size to grip
- $\#DP_3$ : Rotational camera part
- $\#DP_4$ : Horizontal direction of large LCD

$\#FR_1$	X	0	0	0	$\#DP_1$
$\#FR_2$	X	X	0	0	$\#DP_2$
$\#FR_3$	X	X	X	0	$\#DP_3$
$\#FR_4$	X	X	0	X	$\#DP_4$

Fig. 10 Design matrix and system flow diagram

Fig. 8 의 설계행렬이 비연성화설계이므로, 형태인자 설계행렬 역시 비연성화가 됨을 알 수 있다. 이 단계에서 비로소 디자이너, 설계자, 제품기획 담당자는 형태인자의 선정을 시작할 수 있다.

설계자는 비로소 Table 1 과 2 의 형태인자 유형 리스트를 참조하여, 각각의 FRs 와 DPs 에 대한 모듈별 최소 블록, 축과 레일의 수를 결정하여, Table 3 과 같은 BAR table 를 작성할 수 있다.

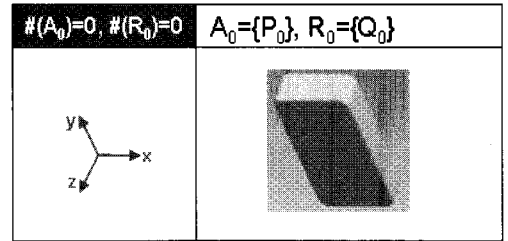
Table 3 BAR table of each modules

	$\#M_1$	$\#M_2$	$\#M_3$	$\#M_4$	
#(Block)	1	1	2	1	2
#(Axis)	0	0	1	0	1
#(Rail)	0	0	0	0	1

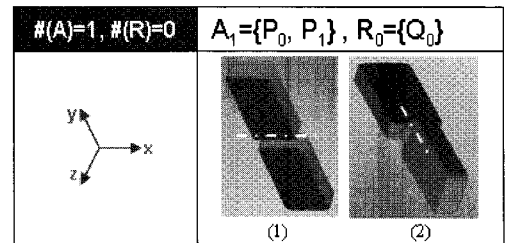
$\#M_1$  과  $\#M_2$  의 기능을 수행하기 위해서는 간단하고 작은 형태인자를 가져야 함으로 기본적 형태인자 유형은 바(Bar)형임을 알 수 있다. 따라서 블록의 수는 1 이고, 축과 레일의 수는 0 이다. 반면에  $\#M_3$  은 카메라 부분의 회전이 가능해야 하므로, 블록의 수는 2 이며, 회전을 위한 1 개의 축이 필요하다. 여기서 제시한 (2,1,0) 유형에서 2 개의 블록 중 하나는 카메라에 해당하므로 키패드와 LCD 의 위치에 따라  $\#M_4$  의 기능도 만족할 수 있다. 마지막으로  $\#M_4$  의 기능을 위해서는 수평의 큰 LCD 가 필요한데, 이를 달성하기 위해 형태인자의 유형은 다양하게 생각할 수 있다. (1,0,0)의 경우는 바(Bar)형으로 수평의 큰 LCD 를 위해서는 터치 스크린이라는 새로운 기술이 필요하고, (2,1,0)의 유형은 폴더형 그리고 (2,0,1)은 슬라이더 형임을 보인다. Fig. 11 은 이에 대한 형태인자 유형을 그림으로 보인 것이다.

**5.5 Step 5 : 최종 형태인자의 제안**

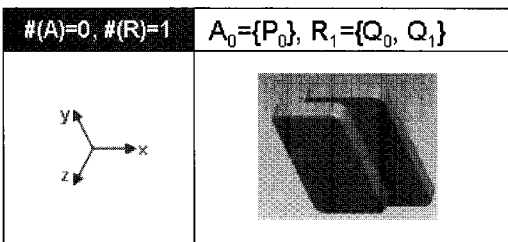
Fig. 8 에 의하면, 최종적인 제품의 형태인자는  $\#M_1 \rightarrow \#M_2 \rightarrow \#M_3$  or  $\#M_4$  의 순서로 주어진 기능을 만족할 수 있는 형태인자임을 알 수 있다. 따라서 Table 3 과 Fig. 11 을 통하여 제품의 형태인자를 위한 최소의 블록 수는 2 개임을 유추할 수 있고(최대 블록 수를 가지고 있는 모듈( $\#M_3$ ,  $\#M_4$ )의 블록 수가 형태인자를 위한 최소 블록 수임. 축과 레일의 최소 수도 블록 수와 동일한 방법으로 도출함.), 이에 따라 가장 기본적인 형태인자의 유형은 (2,1,0) 이라고 제안할 수 있다. (1,0,0)과 (2,0,1)의



(a) FFType = (1,0,0) :  $\#M_1, \#M_2, \#M_4$

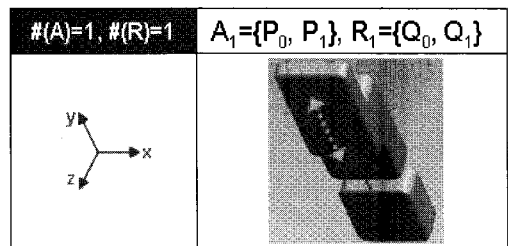


(b) FFType = (2,1,0) : (1) $\#M_4$ , (2) $\#M_3$  or  $\#M_4$

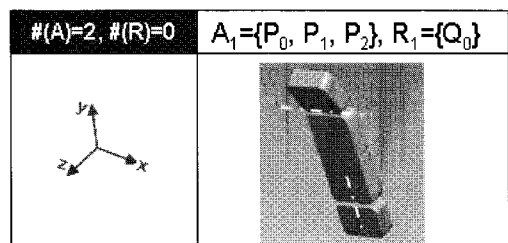


(c) FFType = (2,0,1) :  $\#M_4$

Fig. 11 Example of the FormFactor for each modules



(a) FFType = (3,1,1)



(b) FFType = (3,2,0)

Fig. 12 Example of driven FormFactor for product



경우는  $\mu M_3$  를 만족시키지 못하므로 적합한 형태인자의 유형이 될 수 없다. 따라서 설계자는 최종적으로 제시된 기본 형태인자 유형과 모듈별 형태인자 유형이라는 가이드 라인을 제시받고, 이를 통하여 형태인자의 다양한 조합을 유추할 수 있다. 유추된 결과는 Fig. 12 와 같으며, 제시된 형태인자는 기본 형태인자 유형에서 파생된 형태인자임을 알 수 있다. 설계자 및 디자이너는 아주 간단한 형태이거나 복잡한 형태인자를 선택할 수 있으나, 공식설계적으로 검증된 제시된 형태인자 내에서만 형태인자 선정 과정을 수행해야 한다. Fig. 11(b)와 Fig. 12 에 제시된 몇 가지 형태인자를 중심으로 디자이너는 초벌 디자인을 스케치할 수 있다.

**5.6 결과 및 토의**

실제 설계에서는 카메라 부착의 FRs 에서 하위전개를 수행할 필요가 있지만 본 논문의 주제인 방법론 제시에 집중하기 위해 하위전개는 생략하고 집합접근법과 블록접근법을 바탕으로 형태인자 설계행렬의 도출 및 형태인자를 선정하는 방법을 제시했다. 설계자는 형태인자 행렬의  $\mu DP_1$ (Simple FormFactor to carry on)과  $\mu DP_2$ (Small size to grip)의 휴대, 간단한, 작은 크기 등의 단어를 통하여 휴대전화의 형태인자가 가장 단순한 형태를 유지되어야 함을 유추할 수 있다. 이것은 블록, 축 그리고 레일의 수가 최소가 되어야 함을 나타낸다. 또한  $\mu DP_3$ (Rotational camera part)와  $\mu DP_4$ (Horizontal direction of LCD)에서 카메라나 LCD 의 회전을 위해 적어도 하나의 축이 필요함을 유도할 수 있다. 디자이너에게 단 한 개의 형태인자만을 제시해야 하는 것이 아니므로 몇 가지 경우의 형태인자를 제시했다. 여기서 제시된 형태인자는 선정된 FRs 와 DPs 에 근거한 것이며, 만약 동일한 FRs 에 대하여 다른 DPs 가 선정된다면, 또 다시 새로운 형태인자를 제시할 수 있다. 만약 주어진  $\mu DP_3$  가 mirror part 로 수정된다면, 바 타입 등과 같은 새로운 형태인자를 제시할 수 있다.

**6. 결론**

휴대전화 설계에서 형태인자의 선정없이 어떤 디자인도 시작할 수 없으며 형태인자를 바꾸는 것은 전체 디자인을 변경하는 것을 의미하며, 처음부터 다시 디자인해야 하는 것을 말한다. 그러므로 형태인자는 휴대전화 개발에서 가장 기본적

이고 주요한 항목이다. 본 연구에서는 휴대전화 개발의 초기 단계에서 필요한, 형태인자 선정의 체계적인 프로세스를 제안하였다. 새로운 이론인 축과 레일의 집합접근법과 블록접근법을 기반으로 개발 목적에 적합한 휴대전화의 형태인자 유형을 식(13)과 같이 나타내었다. 특히 새롭게 제시된 방법론의 검증을 위하여 휴대전화의 형태인자를 선정하는 사례(사진촬영이 가능한 휴대전화)에 적용한 결과, Fig. 11 의 모듈별 형태인자 유형과 Fig. 12 의 제품에 대한 다양한 형태인자 유형을 도출할 수 있었다. 따라서 제안된 형태인자 선정 방법론(프로세스)은 실제적인 모델 설계에서 사용될 수 있으며 초기설계에서 그 제품의 적합한 형태인자의 그룹을 제시할 뿐 아니라 동시에 주어진 기간 내에 디자인을 수행해야 하는 디자이너에게 일정한 가이드라인을 제시할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 본 방법론의 적용으로 초기설계시 나타날 수 있는 시간, 비용, 자원 등의 불필요하게 낭비되는 요소를 줄이고, 초기설계에서의 프로세스를 강력하게 구조화 시킬 수 있다. 향후 휴대전화 초기 설계 프로세스의 시스템 구축을 위하여 제안프로세스의 시스템화 및 보다 세밀한 형태인자의 선정을 위하여 이에 대한 추가적인 연구가 계속적으로 이루어져야 한다.

**참고문헌**

1. Bae, S. H., "Digital convergence and idea product," LG Economy Weekly, LG Economic Institute, 2003.
2. Kim, S. J., "The Future of the Mobile Convergence," LG Economy Weekly, LG Economic Institute, 2005.
3. Kim, M. S., Cha, S. W., Lee, K. S. and Cho, H. S., "Emotion and Sensibility Engineering Appraisal Methodology for Selecting FormFactor in Early Mobile Phone Design," Korean J. of the Science of Emotion & Sensibility, Vol. 9, No. 1, pp. 27-28, 2006.
4. Norton, R. L., "Design of Machinery," Worcester Polytechnic Institute, pp. 24-34, 1995.
5. Cha, S. W., Kim, M. S. and Lee, K. S., "Concept Design of Modular Mobile Phone using Axiomatic Approach," J. of the KSPE, Vol. 23, No. 5, pp. 119-127, 2006.
6. Suh, N. P., "Axiomatic Design - Advances and Applications," Oxford University Press, pp. 45-58, 192-237, 2001.