

트리즈와 공리적 설계를 활용한, 회전식 중문 슬라이딩 창호 부착 기구의 개념 개발

이 경 원*, 김 현 준 (한국산업기술대 기계설계공학과)

Conceptual Design of Device Attached to Rotary Type Sliding Door System Using TRIZ and Axiomatic Design

Kyeong Won, Lee*, Hyun Jun, Kim (Dept. of Mechanical Design, Korea Polytechnic Univ.)

ABSTRACT

This paper describes the conceptual of device attached to rotary type sliding door system satisfying customer's requirements. The TRIZ (Russian theory of Inventive Problem Solving) and Axiomatic Design methods are used for generating new ideas at the conceptual design stage efficiently. The ideas will be implemented in real products.

Key Words : 개념설계(Conceptual Design), 중문 슬라이딩 창호(Sliding Doors), 트리즈(TRIZ), 공리적설계(Axiomatic Design)

1. 서론 [1]

아파트, 가정에서 슬라이딩 창호 시스템은 몇 개의 슬라이딩 문짝들의 기구물로 구성되어 있다. 최근 문턱을 따라서 미끄러지는 슬라이딩 문짝 시스템이 문턱을 없애서 청소를 쉽게 하고, 또 겹쳐진 문짝을 회전시켜 아파트, 가정 공간을 더 넓게 활용하는 방식으로 진화 발전하고 있다. 최신 회전식 중문 슬라이딩 창호 기구의 사용상, 제품 미관 문제점을 공리적 설계, 트리즈 그리고 기구집을 활용해서 새로운 부착기구 개념을 도출한 사례를 본 논문에서 소개하고자 한다.

일반적으로 기계 설계를 크게 개념 설계와 상세 설계로 나누어 볼 수 있다. 일반적으로 상세 설계보다는 개념 설계가 잘 되어 있어야 시스템의 원가가 낮아지고 성능이 좋아진다. 이러한 중요성에도 불구하고 상세 설계를 위한 방법론은 많이 소개되었지만, 개념 설계는 그렇지 못한 면이 있다. 그래서 그동안 개념 설계는 설계자 개인의 창의력

및 직관력에 의존해 왔다. 이러한 현상을 개선하기 위해 몇 가지 방법론이 제안된 바 있는데, TRIZ 와 공리적 설계가 이에 속하며 이 개념 설계 방법을 실제 회전식 중문 슬라이딩 창호 부착기구의 개념 도출에 활용한 사례를 소개하고자 한다.

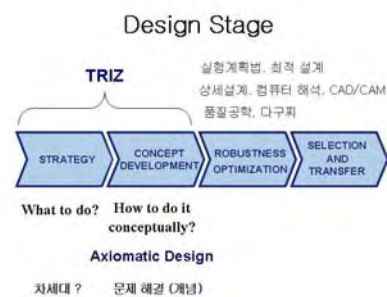


Fig. 1 Role of TRIZ and Axiomatic Design on Design stages

2. 중문 슬라이딩 창호 시스템의 발전

중문의 역할은 하나의 넓은 공간을 나누어 두 개의 공간으로 활용하는데 있다.

기존의 중문(Fig.2)은 슬라이딩 문짝과 그것을 지탱하는 레일이 있고 그것을 여닫으며 사용하였다.

하지만 나누어진 두개의 공간을 완벽히 하나의 넓은 공간으로 사용할 필요성이 생기면서 이를 고려하여 설계한 HS Door(Hanger & Swing Door)시스템(Fig.3)으로 발전하게 되었다.



Fig. 2 기존의 중문 시스템

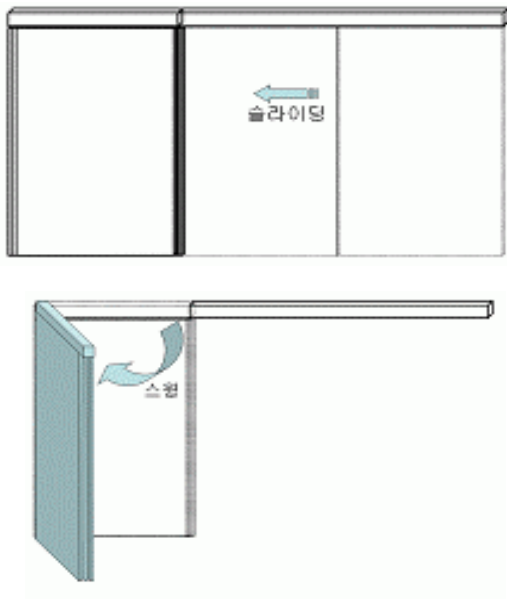


Fig. 3 HS Door(Hanger & Swing Door)시스템

3. 트리즈와 공리적설계

3.1 트리즈 개요 [2,3]

TRIZ 는 창의적문제 해결 이론 (Теория Решения зобретбтельских Задач)을 의미하는 러시아어의 첫 글자를 영어로 표기한 것이다. 트리즈는 유대계 러시아인인 겐리히 알트슐러(G. Altshuller)가 1946 년부터 연구를 시작한 것으로, 200 만건에 달하는 기존의 특허를 분석해 발명의 방향, 원리를 구현한 것이다. Altshuller 는 창의적 문제해결의 가장 중요한 공통점이 모순의 극복이라고 생각하였다. 모순에는 기술적 모순과 물리적 모순 두 가지 종류가 있다. 기술적 모순은 서로 다른 두 개의 변수가 충돌할 때 발생하는 모순이다. 예를 들면, 엔진 출력과 연료 소모량의 관계가 그러하다. 엔진출력을 높이려면 연료가 많이 들어가야 하고, 연료 소모량을 줄이려면 엔진출력은 낮아지는 것이 일반적이다. 기술적 모순이 두 기술 변수가 상충관계에 있는 경우인데 반하여, 물리적 모순은 하나의 기술 변수가 서로 다른 값을 동시에 가져야 하는 경우를 일컫는다. 예를 들면, 비행기의 바퀴는 이착륙을 위해서는 있어야 하지만, 공기 저항을 최소화하기 위해서는 없어야 한다. 보통, 기술적 모순은 40 가지 발명원리를 이용해서, 물리적 모순은 시간에 의한 분리, 공간에 의한 분리, 조건에 따른 분리, 부분과 전체에 의한 분리를 이용해서 문제를 해결하곤 한다.

자원은 모순과 함께 TRIZ 에서 중요한 위치를 차지한다. TRIZ 에서는 모순을 극복한 해결책, 시스템 주변의 자원을 활용한 해결책을 훌륭한 해결책으로 꼽는다. 이러한 자원을 제대로 활용하기 위해 Altshuller 는 물질장(substance-field) 분석기법을 마련하였다. 물질장 분석에서는 시스템이 제대로 작동하려면 두 개의 물질과 하나의 장(field)으로 구성되어야 한다고 말하고 있다. 물질은 장을 통해 유기적인 연관을 맺는다. TRIZ 에서는 이러한 장으로 기계장, 화학장, 열장, 전기장, 자기장 등이 있다고 말한다. 자원을 도입하여 문제를 해결하고자 할 때, 관심의 대상인 두 물질과 장을 삼각형 형태로 구성하고, 각 요소가 어떠한 영향을 주고 받는지를 표기해서 시스템을 분석한다. Altshuller 는 여러 특허를 물질장 모델로 분석해서 76 가지 표준 해결책을 만들

어냈다.

기존 기법들과의 차이점은 브레인스토밍 (Brainstorming)과 같은 아이디어 발상 기법 등은 실제로 문제를 해결해 주는 것이 아니라 문제 해결을 위한 아이디어만을 제공한다는 점에서 트리즈와 다르다. 트리즈는 '무엇을 해결해야 하는가'를 가르쳐 주는 것과 함께 '어떻게 해결해야 하는지'를 가르쳐 주는 기법이다. 트리즈의 기대 효과는 제품 개발시 발생하는 문제점을 40 가지 원리 등 특유의 트리즈기법으로 접근함으로써 단순히 문제를 개선하는 차원을 뛰어넘어 혁신적 문제 해결이 가능하다는 특징을 갖고 있다. 예를 들어 제품 및 부품을 기능 위주로 분석, 다른 부품이 기능을 대신하거나 해당 부품이 필요 기능을 수행하도록 변형하는 등의 재설계를 통해 개발 비용 등을 절감할 수 있다는 것이다. 또한 제품의 진화과정을 예측함으로써 시장을 선점할 제품을 개발할 수 있다는 것도 트리즈 기법의 장점으로 꼽힌다.

3.2 공리적 설계의 개요 [4]

공리적 설계는 MIT 공과대학의 서남표 교수가 제안한 방법론이다. 그는 그 동안 경험과 직관에 의존해왔던 생산, 설계 분야의 이론적 근거를 확립하여 이를 학문화 하기로 결심하였다. 그는 가설적인 공리를 개발하기 위하여 과거 산업계와 대학에서 근무할 때 수행했던 몇몇 프로젝트를 생각해 보았고, 그 중 성공적인 설계였던 것을 추출해 보았다. 그리고 이러한 설계사항에 포함되어 있던 공통적인 요소를 찾아내고 그 요소들을 일반화하기로 했다. 이를 일반화한 결과 12 가지 가설적인 공리를 추출하는데 성공하고, 다른 사람과의 토의 결과 이는 최종적으로 2 가지 공리로 축약 시킬 수 있음을 확인하였다.

서남표 교수가 도출한 두 가지 설계 공리는 독립공리와 정보공리이다. 독립공리는 기능과 물리적 변수 사이의 관계를 설명하고, 정보공리는 설계의 복잡성에 관한 것을 다루고 있다. 독립공리는 각 FRs의 독립성을 유지하는 것에 중점을 둔다. 이는 설계 과정 중 기능적 영역의 FRs로부터 물리적 영역의 DPs로 진행되는 사상과정에서, 특정한 DP의 변동이 오직 관련된 FR에만 영향을 주도록 정의해야 함을 의미한다. 정보공리는 독립공리를 만족하는 모든 설계 중에서 가장 좋은 설계는 최소한의 정보량을 갖는 설계라는 것을 나타내는 공리이

다. 다시 말하면, 최소한의 정보량을 가진, 기능적으로 비연성된 설계를 가장 좋은 설계로 간주한다.

기능 요구사항과 설계 파라미터가 세 개씩 있다고 가정할 때, 나올 수 있는 설계 조합은 다음과 같다. 여기에서 "X"는 관계가 있음을, "O"는 관계가 없음을 의미한다.

식 (1)은 비연성 설계(uncoupled)로 각각의 설계 파라미터가 기능 요구사항을 독립적으로 만족시키고, 식 (2)는 비연성화 설계(decoupled)로 설계 파라미터를 적절한 순서로 배치하면 기능 요구사항을 독립적으로 만족시킬 수 있다. 따라서 식 (1)과 식 (2)는 독립공리를 만족한다. 하지만 식 (3)은 각 기능 요구사항이 모든 설계 파라미터와 연관관계를 가지고 있기 때문에 독립공리를 만족시키지 못하는 연성 설계(coupled)이다.

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X & O & O \\ O & X & O \\ O & O & X \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X & X & X \\ X & X & O \\ X & O & O \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X & X & X \\ X & X & X \\ X & X & X \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

대개 단순한 설계를 좋은 설계라고 한다. 그래서 하나의 DP로 여러 FR을 만족시키는 것이 좋은 설계라고 생각하기 쉽다. 하지만 공리적 설계에서는 FR과 DP의 일대일 대응을 중요하게 생각하므로 이러한 설계를 좋은 설계로 간주하지 않는다. 하지만 여러 개의 DP가 하나의 물리적 개체로 통합되도록 설계한 것은 우수한 설계로 간주한다. 복수의 DP가 복수의 FR을 각각 독립적으로 만족시키는 동시에 그 DP들이 하나의 개체를 이룰 경우 그 설계의 정보량이 적어지는 경우가 많기 때문이다.

4. 트리즈와 공리적설계를 활용한 HS Door(Hanger & Swing Door)의 개념설계

4.1 공리적 설계 Framework 에 의한 기존설계분석

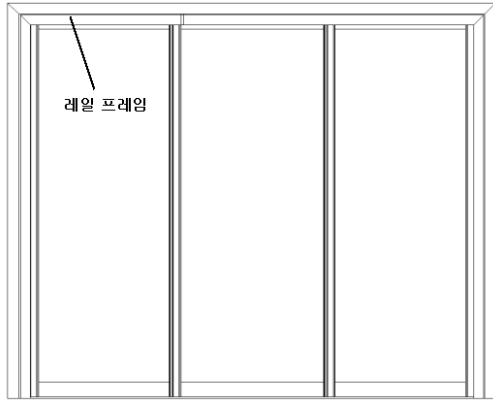


Fig. 4 전체 프레임 구조

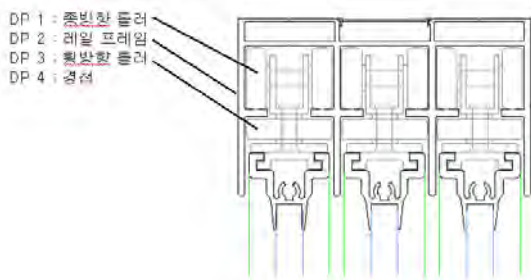


Fig. 5 레일 프레임 내부구조 (단면)

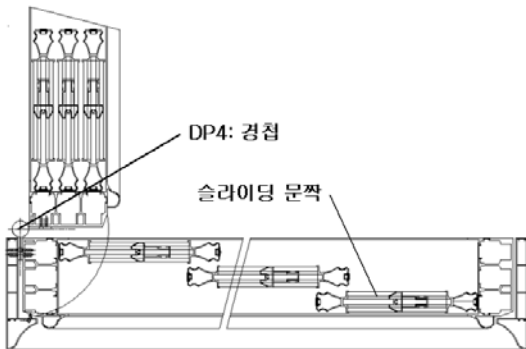


Fig. 6 HS DOOR 의 평면도

고객의 요구 기능들(FR: Funtional Requirement)

- FR 1 : 문이 좌우로 움직여야 한다.
- FR 2 : 문의 하중을 받쳐야 한다.
- FR 3 : 문이 앞뒤로 흔들리지 말아야 한다.
- FR 4 : 문이 축을 기준으로 회전해야 한다.
- FR 5 : 회전 후 문이 고정되어야 한다.
- FR 6 : 문이 회전시 레일부분이 고객에게 노출되지 않아야 한다.(Fig.5 의 단면이 보이게 된다.)

주요설계 파라미터들(DP : Design Parameters)

- DP 1 : 종방향 볼러
- DP 2 : 레일 프레임
- DP 3 : 횡방향 볼러
- DP 4 : 경첩

- CS 1 : 제작단가
- CS 2 : 조립의 편의성

$$\begin{bmatrix} \text{FR1} \\ \text{FR2} \\ \text{FR3} \\ \text{FR4} \\ \text{FR5} \\ \text{FR6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{XX00} \\ \text{OX00} \\ \text{OOXO} \\ \text{OOOX} \\ \text{OOOO} \\ \text{OOOO} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{DP1} \\ \text{DP2} \\ \text{DP3} \\ \text{DP4} \end{bmatrix}$$

고객의 요구기능(FR) 설계 매트릭스 (Design matrix) 주요설계 파라미터(DP)

설계 매트릭스에서, X 는 고객의 요구기능 FR 과 어느 주요설계 파라미터 DP 와 관련되어 있음을, O 는 관련이 없음을 나타낸다.

위의 설계행렬에서 보면 FR 1, 2, 3, 4 는 기존의 구조에서 해결이 되는데, FR 5, 6 은 새로운 장치, 즉 새로운 설계 파라미터의 도입으로 해결할 수 있다는 것을 알 수 있다.

공리적 설계의 이 모델링은 고객의 모든 시스템 요구 기능들과 모든 주요 설계 파라미터 간의 관계를 알 수 있다. 또한 주요 설계 파라미터의 추가와 공리적 설계에서의 독립공리를 관련된 만족시키기 위한 비연성(Decoupled) 설계안으로 주요 설계 파라미터의 변경 필요성을 종합적으로 알려준다.

4.2 트리즈를 이용한 기구설계안 도출

공리적 설계의 독립공리를 이용한 설계행렬에서 본 것과 같이 현재 필요한 기구의 역할은 회전한 후 문의 고정장치와 문의 회전 시 레일부분의 노출을 막아주는 장치이다. 이 또한 중문들이 레일 상에 있을 때는, 이 고정장치가 없어서 중문의 고정성이 풀려야 한다. 이는 트리즈에서 고정장치는 레일의 상에 있을 때는 없어야 하고, 중문들이 겹쳐져 회전시켜야 하는 때는 고정장치와 그 기능이 있어야 하는 ‘물리적 모순’의 경우이다. 트리즈 방법론은 이런 물리적 모순에 대해서 “Separation in Time(시간에 의한 분리)”, 즉 그때 그때 다르게 두 상반된 설계요구조건을 만족시켜 주도록 유도해 준다.

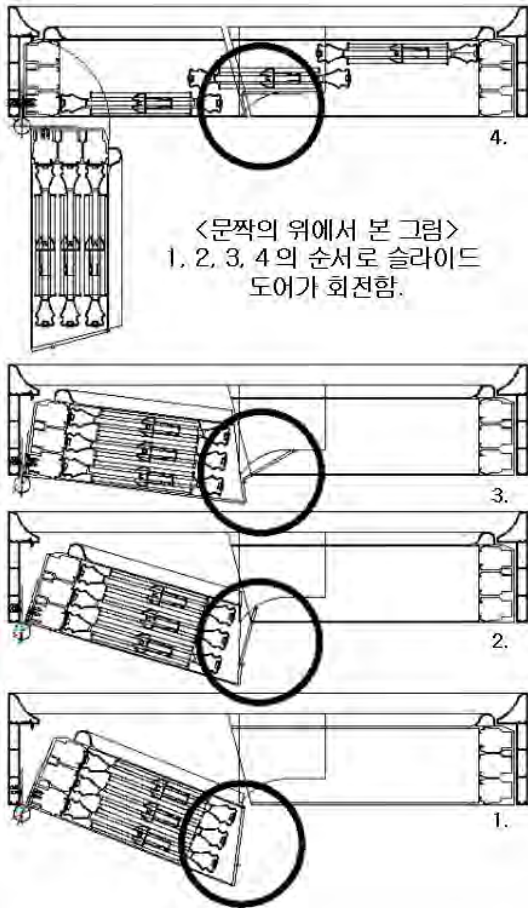


Fig. 7 레일부분의 노출을 막아주는 장치

따라서 고정장치와 레일 단면 부분의 노출을 막아주는 새로운 부착기구가 있다가 레일에 있을 때와 레일에서 벗어나 있을 때에는 없어지는 기구 설계가 있어야 함을 알려준다.

새로운 부착기구 개념 도출에 트리즈를 적용하면, 에너지(장)원으로는 다른 전기장(모터등), 열장 등 보다는 기계적인 에너지, 자기장을 이용한 방법이 경제성을 고려해서 우선 선택되어졌다.

Fig.7 은 트리즈의 시간에 의한 분리를 이용하여 물리적 모순을 제거한 레일부분의 노출을 막아주는 장치의 설계이다.

문이 스윙될 때는 완벽히 레일의 노출을 막아주고, 문이 닫힐 때는 기존 레일에 부착된 가이드를 타고 슬라이딩 되는 문에 전혀 지장없게 작동된다.

이는 트리즈의 40 가지 발명 원리 중 1 번의 분할(Segmentation)과 7 번의 포개기(Nesting)원리를 응용한 것이다.

4.3 기구집을 활용한 개념 설계안 도출[5]

중문이 스윙되었을 때 문들이 레일에서 빠져 나오지 못하는 메커니즘은 기구집을 활용하여 여러가지 개념 안을 찾았고, 그 중 저렴한 제작 단가와 가공의 편이성을 고려하여 Fig.8 의 개념을 채택하였다.

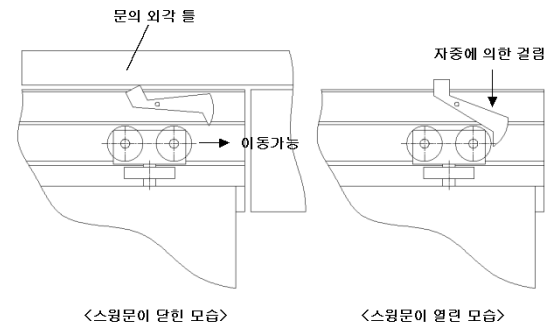


Fig. 8 스윙시 레일에서 문의 빠짐을 방지하는 장치 (정면에서 본 그림)

5. 결론

우수한 설계는 상세설계에서 보다 개념 설계에서 중요하게 결정되어 진다.

본 논문에서는 공리적 설계와 트리즈를 이용하여 회전식 중문 슬라이딩 창호의 부착기구의

개념을 설계하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 공리적 설계의 설계행렬(Design Matrix)을 이용하여 현재 원하는 고객 기능의 부족한 기구의 주요 설계 파라미터(Design Parameter)의 필요성을 종합적으로 알 수 있었고, 트리즈의 물리적 모순의 ‘시간적 분리’와 40 개 발명 원리중 ‘분할’, ‘포개기’원리를 활용하여 개념안을 얻었다.
2. 이 개념 안을 기반으로 해서 기구집을 참조하여 회전식 중문의 레일 노출을 막아주는 장치와 스윙시 문빠짐을 방지하는 장치를 저렴한 제작 단가와 가공의 편의성을 고려한 훌륭한 개념안을 도출할 수 있었다.

참고문헌

1. 안영준, 이경원, “개념 설계 도구로서의 공리적 설계와 트리즈의 상호보완”, 한국정밀공학회, 춘계학술대회 논문집, 2005.
2. 김효준외, “생각의 창의성”, 출판사 지혜, 2004.
3. Kalevi Rantanen, Ellen Domb 저, 김병재, 박성균 역, “알기쉬운 트리즈”, 인터뷰전, 2005.
4. Nam Pyo Suh 저, 차성운, 박경진 역 “공리적 설계[1]”, 동명사, 2002.
5. 이등무, “메커니즘 사전”, 기전연구소, 1994.