

## DSM(Design Structure Matrix)을 이용한 Transmission-Lever 설계과정의 체계화

천준원\*(한국과학기술연구원), 박지형(한국과학기술연구원), 김태수(한국과학기술연구원)

### Design Process Systematization of Transmission-Lever Using the DSM

J. W. Chun(KIST), J. H. Park(KIST), T. S. Kim(KIST)

#### ABSTRACT

This paper explores a structuring method for solid modeling processes of an automobile automatic transmission-lever design. The aim of this work is to establish standard procedures to minimize iterations and trial and errors during the product development process to increase development time and costs. The design of the transmission-lever is periodically required to be changed with the model change of an automobile. The transmission-lever design process has mainly depended on the designer's experience. It causes to make difficulties to handle the dependency of components. The design process can be improved by resolving the dependency problem using the DSM. The process of applying the DSM provides a systematic way for the solid modeling of transmission-lever by the consideration of geometry dependency.

**Key Words** : DSM, Transmission Lever(변속레버), Design Process(설계 과정), Information Modeling(정보 모델링), Dependency(의존도)

#### 1. 서론

최근의 기업환경은 상품의 고품질 요구, 가격경쟁력의 심화, 고객을 만족시키는 특화된 기능을 고려한 상품의 개발, 설계, 및 생산이 요구 된다. 이러한 환경에 대응하여 기업은 품질관리, 공정관리 및 설계, 제조의 자동화를 통하여 경쟁력을 강화해 오고있다. 제품 설계과정의 80%는 정형적 설계에 의해 수행되며, 이 축적된 지식과 CAD 시스템의 이용으로 설계업무의 효율화와 합리적 설계가 가능해진다. 정형적 설계정보와 CAD 시스템은 솔리드 모델링에 이용된다. 솔리드모델링은 제품의 형상을 실제와 같이 보여 도면 해독 시 잘못된 이해를 방지하고, 조립을 고려한 설계를 가능케 하며, 설계 해석의 바탕을 제공한다.<sup>[1]</sup>

솔리드모델링에서 정형적 설계지식의 이용을 위해서는 설계과정의 체계화가 요구된다. 정형적 설

계는 경험과 직관에 의존하여 진행되며, 체계화되지 못한 정형적 설계정보의 이용은 설계변경과 그에 따르는 불필요한 시간과 비용을 증대한다.

작은 규모의 설계에서는 설계자 자신에게 경험으로 정립되어있는 설계지식과 과정을 이용하여 충분히 설계가 추진될 수 있지만, 설계대상이 복잡해지거나 여럿의 제품설계자의 참여가 필요한 경우에는 경험에 의한 지식이 효과적으로 활용될 수 없다. 이러한 이유는 경험에 의한 지식이 방대한 양으로 구성되어있고, 정보간 관계가 복잡하여 의견교환을 통하여 정확히 전달되기 힘들기 때문이다. 그러므로 정형적 설계지식의 사용에 앞서, 솔리드모델링을 위한 제품설계과정의 체계화는 필요하다.

정형적 설계정보로부터의 제품설계과정의 체계화는 방대한 양과 복잡한 관계를 가진 경험적 설계정보를 대신하여, 설계자간 제품설계에 대한 의견교환과 이해도를 높이고, 설계변경에 대한 내용을

정확히 전달하여 설계이관의 문제를 방지한다. 또한, 시행착오적 순서변경에 의한 불필요한 시간과 비용의 증대를 방지한다.

제품 설계과정의 체계화는 다양한 설계정보의 효과적인 분석을 통하여 이루어진다. 하지만, 제품 분석으로부터의 각 부품은 다양한 정보에 의해 구별되며, 다시 부품간의 관계는 제품구별 정보와 다른 정보로 구성되어, 그 부품간 의존성이 높고 부품 변경에 의한 부품간의 영향파악이 힘들어 설계과정의 체계화를 어렵게 한다.

본 연구에서는 제품의 정형적 설계지식을 이용하여 설계과정을 체계하고, 솔리드모델링의 순서를 결정한다. 이 솔리드모델링 순서 결정을 위해서 설계구조행렬(DSM)과 geometry 정보를 이용하였다. Geometry 정보의 이용은 설계과정에서 필요한 다양한 정보를 대신하는 대표성을 가지어, 다양한 정보가 가지는 복잡성을 간결히 나타낸다. 설계구조행렬(DSM)은 정보모델링 도구로서, 이를 이용한 geometry 정보의 분석과 표현은 체계적으로 설계순서를 결정한다.

2 장에서는 제품분석의 기반이 되는 information modeling 의 개념을 설명한다. 3 장에서는 geometry information 이 가지는 의미를 설명한 후 설계구조행렬과 geometry information 을 통한 설계과정 결정을 설명한다. 4 장에서는 오토메틱 트랜스레버의 설계과정의 결정을 그 예로서 보인다.

## 2. Information modeling 의 개념

제품의 분석은 information modeling 을 이용하여 수행한다. Information modeling 은 project 의 task 수행을 위한 각 단계를 구분하고, 각 단계에서 필요한 정보를 식별함으로써 이루어진다. 식별된 정보는 정보간의 필요관계와 중요도 평가를 통하여 재구성되며, 정보간 상관관계를 나타내는 정보의 집합체를 구성한다. Information modeling 은 이 집합체에서 task 수행의 반복적요소를 최소화하여 project 를 구체적이고 가시적으로 표현하는 것이다. 이 모델링은 지도와 같은 역할을 하여 제품설계 체계화의 결정에서 다양한 선택의 기회를 제공한다.<sup>[2][3]</sup>

Information model 은 concept, physical, analytical model 로 분류된다. 그 분류에서 알 수 있듯이 information 은 매우 다양하게 구성된다.<sup>[3]</sup> 하지만 이 다양한 정보는 정보간 복잡성을 증가 시키어 설계자간 의사소통을 원활하지 못하게 하고 보다 많은 시간, 비용, 인원을 요구한다. 그러므로 정보는 최소화 되어야 하고 철저하게 정리 되어야 한다. 이를 위해서는 설계의 목표가 명확히 합의돼야 한

다. 적절한 정보의 선택은 설계자간 협조의 효율을 높이고 설계자 상호간 오해의 소지를 제거하여 불필요한 설계의 변경을 최소화 시킬 수 있다.

정형적 설계정보의 효과적 활용을 위해서는 체계적인 설계과정의 결정이 필요하다. 설계과정의 결정은 정보의 오류, 정보 전달의 오해를 줄이고, 설계과정의 이해를 높여 설계의 결정을 촉진시킨다. 정형적 설계정보로부터 효과적인 설계과정의 결정을 위해서 다양한 정보를 대표하여 geometry 정보를 이용한다. 추출된 geometry 정보는 DSM 을 이용하여 분석되고, 그 결과로 체계적 설계과정이 정립된다.

## 3. Geometry Information 의 선택, 표현 및 DSM 을 이용한 Modeling

### 3.1 Geometry Information 의 의미

정형적 설계과정의 체계화에서 가장 중요한 것은 그 설계과정을 얼마나 현실적으로 구현하는 것인가 하는 점이다. 정형적 정보로부터 솔리드모델링 과정의 결정은 이미 개발이 완료된 제품의 설계를 대상으로 하기 때문에 geometry 정보를 이용하여 그 설계과정을 간단하고 명료히 나타낼 수 있다.

Geometry 정보는 설계대상의 크기, 위치, 자세와 다른 주변 설계대상과의 근접성을 나타낸다. 또한, Geometry 정보는 이미 설계에서 요구되는 기능적 요구를 종합적으로 충족시키며, 제품의 여러 고려사항에 대해 대표성을 나타내는 정보이다. 그림 1 은 geometry 정보와 여타 정보간의 관계를 나타낸다.

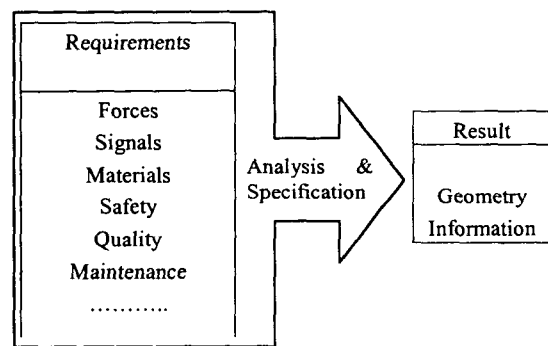


Figure 1. The character of Geometry Information

즉, Geometry 정보의 이용은 복잡한 정보의 이용을 대신하여, 간결하고 정확한 정보를 제공하여 설계자간 의사소통을 돕고, 효과적으로 설계과정의

결정에 이용된다. Geometry 정보는 직접적으로 관련이 있는 요소, 즉 부품을 통해 나타낸다.

Geometry 정보가 설계과정의 결정에서 대표적 정보로 이용되나, 정보의 특성상으로 정보간 의존성이 복잡하게 존재하며, 정보간 관계의 시작과 끝의 결정을 힘들게 한다. 즉, iteration의 문제가 발생한다. Geometry 정보에 의해 분류된 부품간에는 정보 관계에 따라 부품 상호간의 의존도가 존재하며, 이 의존도는 제품설계의 복잡성을 높여 제품의 이해를 어렵게 하고, 설계과정결정에서 feedback 과정을 초래한다. Feedback은 제품 요소간 chain을 형성하여 iteration을 발생시키고 '닭과 달걀의 우선문제'에서처럼 설계과정결정의 선행적 설계요소 선정의 장애가 된다. 설계 대상의 규모가 커질수록 그 부품간 의존도는 복잡해지며 정보간 발생하는 iteration의 효율적인 관리가 필요하다.

Iteration의 문제는 새로운 정보의 유입, 기존 정보의 변경, 잘못된 정보의 변경에 의해 발생한다. Iteration은 정보의 갱신에 의하여 발생함으로 정보의 갱신에 관여함으로써 해결되어진다. Iteration 문제를 해결하기 위해서는 iteration을 발생시키는 정보의 중요성을 다시 검토를 통한 정보의 제거로 iteration을 제거할 수 있고, 다른 방법으로는 정보의 iteration 발생 요소를 다시 부문제로 분석하여 iteration을 제거하는 방법이 있다.<sup>[2][5]</sup>

### 3.2 Geometry Information의 DSM을 이용한 Modeling

각 요소의 Geometry 정보간 관계의 표현은 그래프를 이용한 방법으로 가능하다. 하지만 분류된 요소의 수가 증가함에 따라 그 관계도 복잡해지고, 그 표현과 이해가 쉽지않게 된다.

Geometry 정보간의 관계표현과 조정을 위해 설계구조행렬을 이용한다. 설계구조행렬은 정방 matrix를 이용하여 표현하고, 각 행은 task를 나타내고 각 열은 해당 task에 대응하는 information을 나타낸다. 각 cell에는 mark를 이용하여 task와 information간의 관계를 나타낸다. 행렬을 이용하여 표현함으로써 간결하고 가시적인 표현을 한다. 그래프를 이용한 표현의 경우 정보의 복잡성과 요소의 수가 증가함에 따라 표현과 이해가 어려워지나, 설계구조행렬은 복잡한 요소간 의존도나 요소수 상관없이 분명하게 요소간 관계의 이해를 제공한다.

그림 2는 간단한 task간 관계를 DSM과 그래프로 보인 것이다. 그림 2의 DSM은 순차적으로 정렬

된 상태로 task B의 수행을 위해서는 task D와 A의 수행이 선행되어야 하고 task A, B, C가 chain loop를 구성하고 있음을 보여준다. 이 DSM은 task A가 task C로부터 받는 정보를 제거함으로써 iteration을 조정할 수 있음을 제시한다. DSM은 내부 알고리즘으로 sequencing과 grouping을 제공하여 그 사용이 편리하다. Sequencing은 임의의 순서로 있는 정보를 feed-forward의 순서로 정렬되도록 하는 알고리즘이다.<sup>[6]</sup>

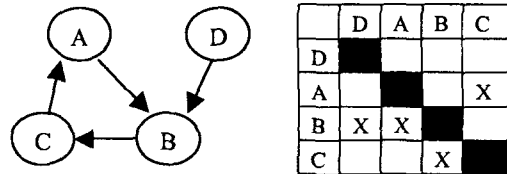


Figure 2. Example of the DSM representation

## 4. 적용: 트랜스미션 레버 설계과정의 결정

### 4.1 트랜스미션 레버

오토메틱 트랜스미션 레버는 자동차의 변속을 위한 장치로 100 가지 이상의 다양한 부품으로 구성되어 있으며, 부품간 의존성이 높은 설계 대상이다. 트랜스미션 레버의 설계는 설계자의 경험과 직관에 의존하여 진행되고 있으며 자동차 모델의 변경과 함께 설계변경이 주기적으로 요구된다. 본 연구의 대상품은 102 가지 부품으로 구성되어 있다.

제품 설계자에게는 설계지식이 정립되어있으며, 기존의 설계과정은 설계자의 경험과 직관에 의존하여 진행되어왔다. 트랜스미션 레버의 부품간 의존성은 체계적인 설계순서의 결정을 어렵게 하였다. 또한, 설계자의 조언에만 의존한 설계과정의 결정은 설계자의 착각과 잘못된 습관에 의한 오류가 발생할 수 있다. 체계적이고 합리적인 설계순서의 결정이 요구된다.

### 4.2 정보의 분석 및 설계 요소의 선택

설계순서의 결정은 설계정보에 의해 결정한다. 오토레버의 정보는 그 많은 부품 수에 따라 다양한 설계요구와 제한, 정보와 정보간 높은 상관성을 보인다. 설계순서의 결정을 위해서는 정보의 효과적인 수집, 분석, 정리, 표현이 요구되고 시스템 설계자와 트랜스미션 설계 실무자간의 효과적인 설계정보의 공유가 요구된다. 제품설계정보로서 geometry 정보는 그 간결함으로 설계자간 설계정보의 공유와 설계과정결정에 효과적으로 이용된다.

트랜스미션 레버의 BOM 을 통하여 102 가지의 부품을 파악하고, geometry 정보와 관련 깊은 설계대상 부품 35 가지를 그림 3 과 같이 선정한다.

- (A)BOLT AXLE
- (B)BRACKET CABLE
- (C)BRACKET PLASTIC
- (D)BUSH
- (E)BUTTON PUSH
- (F)CAM LOCK (S)
- (G)CAM LOCK (B)
- (H)CAP BUTTON
- (I)GAL PLATE
- (J)GUIDE
- (K)HOUS G - INDICATOR LOWER
- (L)HOUS G - INDICATOR UPPER
- (M)KNOB
- (N)NUT
- (O)PIECE - DISTANCE
- (P)PIN - DETENT
- (R)PIN SLIT
- (S)PIN SLIT (S)
- (T)PIN SLIT (B)
- (U)PIPE - HINGE
- (V)PIPE - SPACE
- (W)PIPE SHIF
- (X)PLATE - ARM
- (Y)ROD
- (Z)SCREW TAPPING
- (A)SCREW WASHER
- (B)SCREW WASHER ASS'Y
- (C)SKIRT
- (D)SLIDER
- (E)SLIDER
- (F)SPRING - PUSH BUTTON
- (G)SPRING TORSION
- (H)WASHER PLAIN
- (I)WASHER SPRING

Figure 3. Selection of design parts of Transmission-Lever from BOM by information

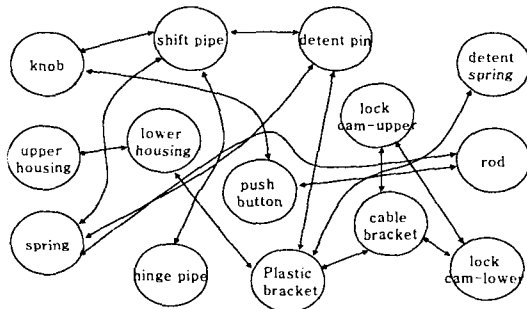


Figure 4. Simple relationship diagram of Transmission-Lever parts

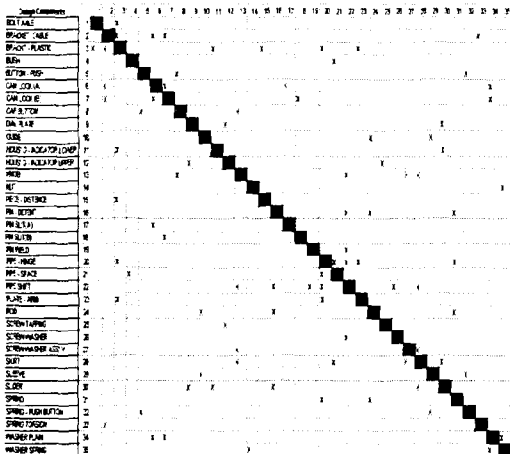


Figure 5. DSM generation

그림 4 는 14 가지 부품만의 관계를 나타낸 도식적 표현으로, 그 부품간 관계의 파악이 어렵다.

그림 5 의 DSM 을 이용한 표현에서는 35 가지 부품의 관계를 표현하였으나, 각 부품 설계간의 관계를 간결하게 표현하여 그 관계파악과 이해가 쉽다. 또한 diagonal 축 위의 표시를 통하여 우선적으로 제거 되어야 하는 정보의 파악이 용이하다.

#### 4.3 정보의 재분석 및 결과

설계순서의 결정을 위하여 35 개의 설계대상부품에서 파악한 88 가지의 정보관계를 분석하여, 41 개의 제거대상 정보가 파악되었으며, 정보 제거를 위해 해결을 위해 조사된 자료는 표 1 과 같다.

Table 1. Information analysis for Tearing

Task	Concerned Information
Knob Design	Shift pipe Design
Push button Design	Rod Design
Shit Pipe Design	Hinge pipe Design
Plastic bracket Design	Cable bracket Design
Plastic bracket Design	Lower housing Design
Detent pin Design	Spring, shift pipe Design
Spring Design	Rod Design
Lower housing Design	Upper housing Design
Detent pin Design	Plastic bracket Design

조사된 자료에 의해서 제거 가능한 관계를 소거하고 DSM 의 sequencing 알고리즘을 이용하여 자료를 분석한다. 그 결과는 그림 6 와 같다.

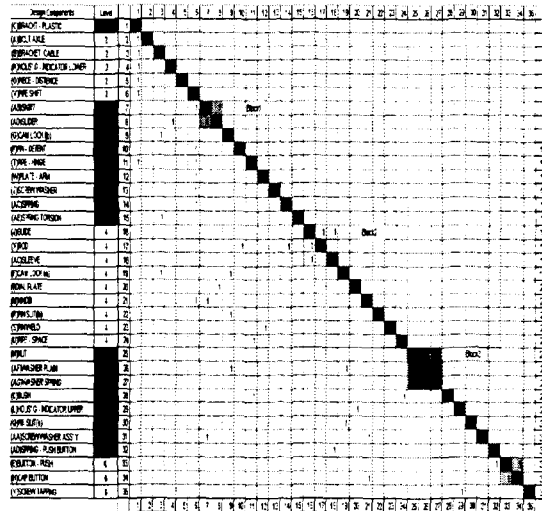


Figure 6. Result of Tearing

DSM 의 분석결과는 정형적 설계정보로부터의 설계과정을 보여준다. DSM 을 이용한 information

의존도 분석으로 체계적 설계과정을 결정하였다. 트랜스미션 레버 설계순서의 결정은 설계 변경에 의한 시간과 비용을 감소시키며 설계전반의 관리가 가능하도록 한다. 표 2 와 표 3 를 통하여 알 수 있듯이 기존의 경험적 설계과정이 시스템 설계를 위한 설계과정으로 체계화 되었음을 알 수 있다.

이 결과는 오토메틱 트랜스미션 설계를 위한 지능형 설계지원시스템의 이용되었으며, 오토메틱 트랜스미션 설계자의 검증을 받아 체계화의 타당성을 확인하였다. 체계적인 설계과정의 결정은 설계 초반에 설계에 대한 전반적인 검토를 가능하게 하였으며, 설계자간 정보교환과 그 이해를 촉진시켰다. 또한, 설계지원시스템의 개발에서 시스템구성을 위한 틀을 제공하여 개발방향을 제공함으로써 지능형 설계지원시스템 설계에 효과적으로 이용되었다.

Table 2. Conventional Transmission-Lever design process

기존설계	
Step1	Need
Step2	경험적 기능 분석
Step3	경험과 직관에 의한 설계
Step4	시행착오적 설계변경 후 설계완성
비교	다수의 시행착오 발생

Table 3. Transmission-Lever design process with the DSM 을 이용한 설계순서 결정과정

설계 순서 결정 과정	
Step1	Information gathering & Information 분석
Step2	Information 분석에 따라 주요 부품구성과 부품간 관련도 정리
Step3	DSM 생성 & DSM 분석 (iteration)
Step4	Tearing 후 결과로 설계순서 결정 ->솔리드 모델링 framework 결정
비교	시행착오의 감소와 그에 따른 시간, 비용 감소 새로운 설계요구에 빠른 대응

### 5. 결론 및 향후과제

본 연구는 다양한 설계정보 중에서 geometry 정보를 선택하여 DSM 을 이용한 설계과정의 분석을 수행하였다. 본 연구로 정형적 설계정보를 이용한 설계과정의 체계화를 통하여 설계자간 정보교환을 위한 틀이 제공되고, 초기 설계단계에서 설계계획의 전반을 검토할 수 있으며, 불필요한 설계변경을 줄일 수 있다.

설계현장에는 여전히 설계자의 경험과 직관에 의존한 설계가 많다. 이러한 정형적이지만 체계화되어 있지 않은 정보로 인하여, 설계자동화를 위해서 효과적인 설계정보의 이용과 경험에 의존하는 설계과정의 체계화가 필요하다. 이러한 직관과 경험에 의존한 설계 문제에 있어서 Geometry 정보와 DSM 을 이용한 설계분석으로, 경험을 대신하는 설계과정의 체계화가 가능하다.

본 연구는 완성된 제품의 정형적 설계정보를 이용하는 설계과정의 결정에는 유용하나, 장기적이고 혁신적인 제품의 개발에 응용에는 그 한계를 보인다. 제품설계의 혁신을 위해서는 지금까지의 설계 과정에 근거하기 보다 그 기능적 요소를 분석한 새로운 설계가 요구된다. 이를 위해 설계요구의 분석으로부터의 설계과정의 결정이 필요하고, 이에 대한 연구는 향후 과제로 남아있다.

### 참고 문헌

1. F-L, Klaus, "Product Modeling," *Annals of the CRIP* Vol.42, February 1993.
2. Donald V. Setward, "Information Driven Management," Second MIT DSM International Workshop, September 2000.
3. Parasad Biren, "Concurrent Engineering Fundamentals," pp. 319 - 351, 1996.
4. Glenn Ballard, "Positive VS Negative Iteration in Design," *Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, July 2000.
5. Tyson R. Browning, "Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions," *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 48, NO.3, August 2001.