

DSM 과 QFD 분석을 이용한 오토레버 설계 과정의 분석

천준원(KSIT CAD/CAM 연구센터), 박지형(KSIT CAD/CAM 연구센터)

A Design Process Analysis with the DSM and the QFD in Automatic Transmission Lever Design

J. W. Chun(CAD/CAM Research Center, KIST), J. H. Park(KIST CAD/CAM Research Center, KIST)

ABSTRACT

This paper describes a step-by-step method to minimize design iterations in a process of product design change. In the design process, two components are coupled if a change of a component can require the other components change, and design iterations are generated by the coupling. The design iteration is one of main factors that increase design effort. In this study, three matrices are used to solve the design iteration of automatic transmission lever, Requirement-Engineering matrix, Engineering-Components matrix, and DSM(Design Structure Matrix). Firstly, with the DSM, the product architecture and conceptual design process are proposed from product function analysis. Secondly, with the QFD, the Requirement-Engineering matrix and Engineering-Components matrix present the relationship among customer requirements, engineering issues, and product components. Lastly, the results of the QFD analysis are used in the DSM to solve the component interactions and to provide design

Key Words : Design iteration(반복설계), DSM(설계 구조 행렬), QFD(품질 기능 전개), Product architecture(제품 구조), Design process(설계 과정)

1. 서론

각 기업은 지속적인 경쟁력의 확보와 이익 극대화의 목표 아래 최고의 품질을 가진 제품보다, 소비자의 요구를 만족하고 납기와 비용 경쟁력을 지닌 제품을 계획, 설계, 생산해야 한다. 설계 과정은 기업의 이러한 활동에서 중추적 역할을 하고 있으며, 설계자는 새로운 제품 요구를 설계 활동에 빠르게 반영해야 한다. 즉, 설계자는 비용, 납기를 고려하여 설계 대안을 평가, 제시하도록 끊임없이 요구 받고 있다. 또한, 설계가 진행 될수록 설계 오류에 대응하기 위한 설계 변경 노력이 증가 함으로, 설계자는 설계 초기 단계에서 설계 문제의 정확한 평가를 수행하여 설계 효율을 재고 해야 한다.

제품 설계 시, 초기 설계 단계에서의 설계 요구와 관련한 제품의 기능 구조의 파악과 반영은 설계 요구를 설계문제에 정확히 연결시키고, 설계 요구가 설계에 주는 영향을 제시한다. 본 논문은 제품의 설계 변경 시, 설계자가 제품의 기능을 파악하여 구성 부품

으로 연결하고, 부품 설계간 기능적 관계의 분석을 통하여, 효율적인 설계 변경을 수행 할 수 있는 방법을 제시한다.

2. 관련 연구의 고찰

2.1 제품 기능 분석 및 제품 구조의 결정

제품 기능이란 과제를 수행하기 위한 시스템의 입출력간의 일반적인 관계를 말하며¹, 제품 기능 분석은 주어진 시스템의 일련의 하위 시스템으로 분해하여 시스템에 요구되는 주 기능과 성능을 분석하고 이를 통해 사용자 요구와 설계 요구를 연결시켜 주는 절차이다.² 제품 기능의 표현 방법으로 Phal¹은 제품을 전체 기능에서 부분기능으로 세분화 하여 불릿 선도로 나타내고, 이를 에너지, 재료, 신호의 흐름으로 연결하여 기능 구조를 제시하였다.

Plimmler³는 기능 구조로부터 제품 구조의 구성하는 연구를 수행하였으며, Design Structure Matrix(DSM)를 사용하였다. 이 방법은 제품을 시스템,

부시스템, 요소로 분해하고, DSM 을 이용하여 클러스터링(clustering)을 수행하여 제품 구조를 재구성 한다. 이때 각 요소간의 관계를 공간, 에너지, 신호, 유동물질의 4 가지 정보로 나타내었고, 각 정보는 중요도에 따라 5 단계로 구분, 평가되어 DSM 상에서 표현, 분석 된다. 이 제품의 요소로부터 기능 구조의 분석의 결과는 제품을 새로운 시스템으로 재구성하였다.

Lee⁴ 는 고객 기호의 설계 단계에서의 적용이라는 목적아래, 기능분석에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 제품 기능 전개에 관한 연구에서 기능을 에너지, 물질, 정보, 조립관계의 관점에서 분석하여, from-to 행렬을 이용하여 기능관계를 그룹핑(grouping)하였다.

Chun⁵ 은 DSM 을 이용하여 설계과정 체계화의 연구를 수행하였다. 이 연구는 오토레버의 공간 정보를 DSM 상에 표현한 후, DSM 의 특징 중 하나인 iteration 관계의 파악 및 분석을 통하여 설계자로부터 설계지식을 효과적으로 추출 방안을 제시하였으며, DSM 의 파티셔닝(partitioning)과 티어링(tearing)을 이용하여 오토레버 설계과정의 체계화를 수행하였다.

본 연구는 오토레버를 대상으로 하여, 공간, 에너지, 신호, 유동물질의 4 가지 정보의 관점에서 제품 기능을 DSM 을 이용하여 분석하여 제품구조를 확인하고 제품구조의 분석을 통해 오토레버의 설계과정을 제시한 후, QFD 의 1 단계와 2 단계를 통하여 설계 요구로부터 설계문제의 확인과 설계문제와 관련 부품간의 관계를 확인하여, 제시된 설계과정에서 설계요구를 고려한 설계 방법을 제시한다.

2.2 Design Structure Matrix (DSM)과 Quality Function Deployment (QFD)

DSM 은 정방 matrix 를 이용하여 표현하고, 각 행은 task 를 나타내고 각 열은 해당 task 에 대응하는 information 을 나타낸다. 각 cell 에는 mark 를 이용하여 task 와 information 간의 관계를 나타낸다. 행렬을 이용하여 표현 함으로써 간결하고 가시적인 표현을 한다. 그래프를 이용한 표현의 경우 정보의 복잡성과 요소의 수가 증가함에 따라 표현과 이해가 어려워지나, 설계구조행렬은 복잡한 요소간 의존도나 요소 수에 상관없이 분명하게 요소간 관계의 이해를 제공한다. 그림 1 은 간단한 task 간 관계를 DSM 과 그래프로 보인 것이다.

품질기능전개(Quality Function Deployment: QFD)란, 고객의 요구에서 출발하여 이를 제품으로 만들어 내는 과정까지의 일련의 활동이다. QFD 를 도입은 중점을 두고 분석해야 할 품질특성의 순위를 결정하고, 서로 반대가 되는 품질 특성을 식별가능 하게하며, 제품의 품질개선, 신뢰도 향상을 꾀할 수 있고, 또한 생산 개시 비용의 절감효과와 부서간의 마찰을 줄이

고, 제품 설계의 효율을 높일 수 있다. 이와 함께 한번 작성해 놓으면 유사한 제품을 계획하는 경우 효율적으로 사용할 수 있기 때문에 설계 변경 회수를 줄이고, 개발에 소요되는 시간을 단축할 수 있다.

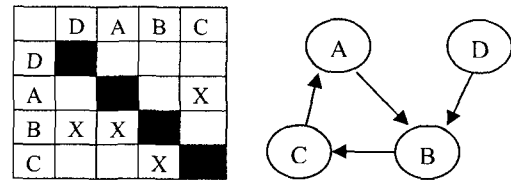


Fig. 1 Example of the DSM representation

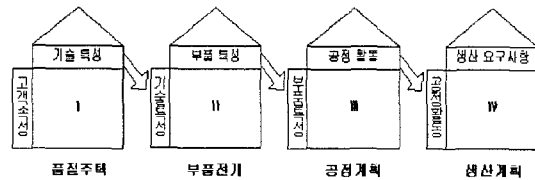


Fig. 2 Example of the QFD representation

3. 기능과 설계 요구를 고려한 설계 평가

본 연구는 기능을 고려하여, 제품 구조를 분석하고 설계과정을 제시하기 위하여 다음의 단계로 구성된다.

- 1) 제품 기능의 DSM 분석을 통한 제품 구조 구성 및 설계 과정 결정
- 2) QFD 를 이용한 설계 요구와 기술 특성의 연결
- 3) QFD 를 이용한 기술 특성과 부품 특성의 연결
- 4) DSM 을 이용한 설계 부품간 연결 및 평가

3.1 제품 기능의 DSM 분석을 통한 제품 구조 구성 및 설계 과정 결정

오토메틱 트랜스미션 레버는 자동차의 변속을 위한 장치로 100 가지 이상의 다양한 부품으로 구성되어 있으며, 부품간 의존성이 높은 설계 대상이다. 오토레버의 설계는 설계자의 경험과 직관에 의존하여 진행되고 있으며, 자동차 모델의 변경과 함께 설계변경이 주기적으로 요구된다. 오토레버의 설계는 설계자의 경험과 직관에 의존하여 진행되어왔다. 하지만, 높은 부품간 상호 관계는 설계의 장애 요인으로 작용하고 있으며, 설계자의 착각과 잘못된 습관에 의한 오류가 발생 가능성이 상존하고 있어 합리적이고 체계적인 설계 과정의 분석 및 결정이 필요하다. 본 연구의 대상 제품은 102 가지 부품으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 오토레버의 기능 분석을 위해 에너지

지, 신호, 공간 3 가지로 정보를 사용하였다. 에너지는 레버를 작동하는 조작력 등을 말하고, 신호는 레버의 안전장치인 푸시 버튼(push button)등에 작용하고, 공간 정보는 각 부품간 작용하는 공간적 제약조건 등으로 이루어진다. Fig. 3 은 조사된 기능 관계를 DSM 상에 표시한 것으로, 그 예를 들면 upper housing 에 해당하는 7 번 열은 모든 부품에 대하여 공간적 제약을 가하고 있으며, 7 번 행은 upper housing 설계 시 모든 부품을 고려하여 설계되어야 한다는 것을 의미한다. Fig. 4 는 표시된 관계를 클러스터링한 것이다. 클러스터링은 관련도가 높은 부품들을 모으는 것을 말하고, 각각의 블록(block)으로 표현 되었으며, 오토레버의 제품 구조를 제시하여 준다. 즉, 오토레버의 제품 구조는 5 가지의 모듈 구조와 upper housing 과 lower housing 으로 이루어진 1 개의 통합구조로 이루어짐을 확인할 수 있다. 이러한 구조는 Ulrich 가 제안한 제품 설계 과정과 동일한 제품 구조 설계 과정을 제시한다.

Fig. 5 는 표시된 관계를 시퀀싱(sequencing)한 것이다. 시퀀싱은 대각축을 기준으로, 대각축 상단에 표시되는 iteration 을 최소화 하는 과정으로, 이 결과는 iteration 최소화를 고려하여 대략적인 설계 과정을 제시한다.

3.2 QFD 를 이용한 설계 요구와 기술 특성의 연결

QFD 1 단계는 소비자 요구와 기술 특성의 관계를 나타낸다. Table 1 은 오토레버의 설계시 제시되는 설계 요구 사항과 관련 기술 특성 인자와의 관계를 표시하고 있다. 오토레버의 설계에서 이 과정은 기존 설계의 제한과 특징에 기반하여, 기술 특성을 고려한 부품 설계의 설계 사양의 결정으로 이어진다. 즉, 쉬운 수동 조작과 lever height 의 관계를 기존 설계의 제한 조건 속에서 살펴보면, 구체적인 설계 사양으로 lever height 가 결정된다.

3.3 QFD 를 이용한 기술 특성과 부품 특성의 연결

QFD 2 단계는 기술 특성과 부품 특성의 연결을 나타내고 있으며, QFD 1 단계에서 제시된 설계사양과 관련된 설계 부품을 확인 한다.

3.4 DSM 을 이용한 설계 부품간 연결 및 평가

QFD 1 단계와 2 단계의 과정을 통해 제시된 설계 사양은 Fig. 5 의 대략적인 설계과정을 구체화 하는 데 사용된다. 결정된 Lever height 를 살펴보면, shift pipe 와 knob 와의 관계에서 설계 제한 조건을 이용하여 shift pipe 의 설계치의 추정이 가능하며, 이 추정의 결과로 Fig. 5 의 shift pipe 와 knob 사이에 존재하는 설계 iteration 의 재거를 통한 설계과정의 결정이 이루어진다.

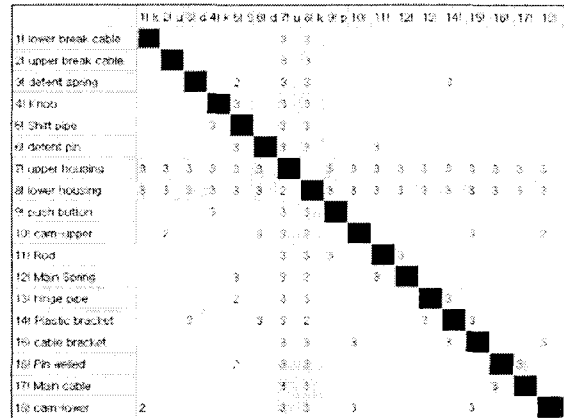


Fig. 3 DSM representation of auto-lever

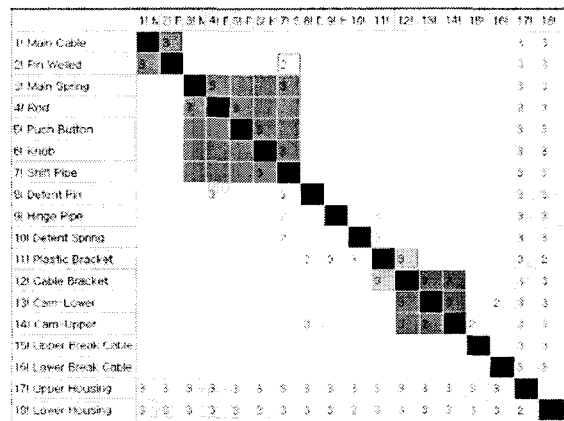


Fig. 4 Clustered DSM representation of auto-lever

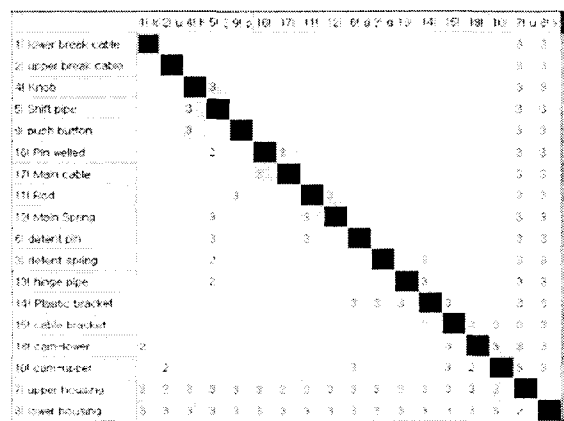


Fig. 5 Sequenced DSM representation of auto-lever

결정된 설계과정은 Fig. 6 과 같다. 결정된 설계안은 경보의 흐름을 확인하여, 동시 설계가 가능한 부

품 설계 그룹을 제시함으로써 설계 시간의 감소를 이룰 수 있도록 하였다. 또한, cable bracket 그룹 같은 설계 부품간 높은 상호 관련성이 높은 설계 대상 그룹의 확인을 통하여 설계시 설계자가 보다 많은 노력을 기울여야 하는 설계 부분을 제공하였다.

Table 1 QFD Phase 1

기술 특성	Mounting Position	Cable Path	Lever Height	Case Volume
레버의 고정	X			
조정신호의 전달		X		
쉬운 수동조작			X	
전체적 외형				X

Table 2 QFD Phase 2

기술 특성	Plastic bracket	Upper cable	Lower cable	Main cable	Shift pipe	Knob	Upper housing	Lower housing
Mounting Position	X							X
Cable Path		X	X	X			X	X
Lever Height					X	X	X	X
Case Volume	X	X	X	X	X	X	X	X

3.5 새로운 설계 변경 요구에서의 적용

새로운 설계 요구의 발생이 QFD와 DSM을 함께 이용한 본 연구는 효과적으로 사용될 수 있다. 앞서 제시된 절차에 따라 DSM을 이용한 설계 대상의 기능 분석을 통해, 그 기능 구조의 분석을 통해 모듈구조, 통합 구조 등의 특징을 확인하고, 설계 시스템의 특징을 이해하며, 개념적 설계 과정을 결정한다. 그리고, QFD 분석을 통해 설계 시스템의 설계요구와 관련된 부품을 확인하고, 그 기능관계와 기존의 제한 조건 등의 설계 자료의 검토 과정을 거쳐 설계 대상의 구체적 설계사양을 확인한다. 마지막으로 설계 사양을 개념적 설계 과정의 분석에 이용하여 설계 과정을 결정하고, 동시 설계와 많은 노력이 요구되는 설계 부품의 확인을 통하여 효과적인 설계 추진 계획을 수립한다.

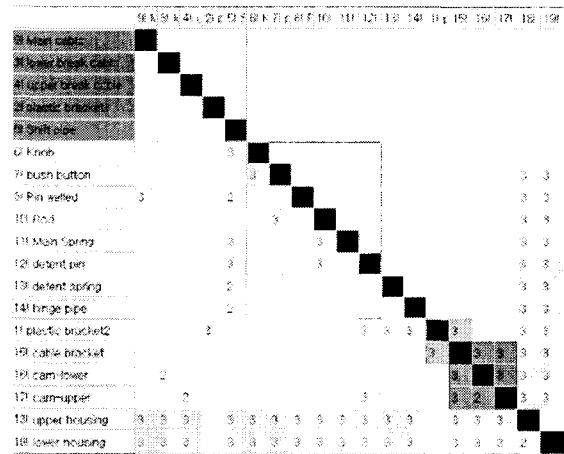


Fig. 6 Determined design process

4. 결론

소비자 요구는 다양화되고 빠르게 변화하고 있으며, 이에 발맞추어 설계자는 효과적인 설계의 수행을 위해, 설계의 초기 단계에서 설계 제품의 바른 이해와 분석을 수행하여야 하고, 이를 토대로 설계 과정을 계획, 추진 가능해야 한다. 본 연구는 QFD와 DSM을 이용하여 설계 대상을 분석하였으며, 그 결과로 설계 과정을 결정하였다. 또한, 설계 제품의 제품 구조와 설계 iteration의 확인을 통하여 효과적인 설계 추진의 지침을 제공하였다.

참고문헌

1. Pahl, G., and Beitz, W., "Engineering Design: A Systematic approach," 2nd edition, Springer-verlag, pp. 31-36, 1996.
2. Cole Jr., Elbert L., "Functional Analysis: A System Conceptual Design Tool," IEEE Trans. On aerospace and electronic systems, Vol. 34, No. 2, PP.354-365, April 1998.
3. Pimmler, T.U. and Eppinger, S.D. "Integration Analysis of Product Decompositions", ASME Conference on Design Theory and Methodology, Minneapolis, MN, pp. 343-351, September 1994.
4. 이연경 외 3명, "제품 기능 전개에 방법에 대한 연구," 한국정밀공학회지, 제 18권, 제 4호, pp. 55-63, 2001.
5. 천준원, 박지형, 김태수, "DSM을 이용한 Transmission-Lever 설계과정의 체계화," 한국정밀공학회 02 추계학술대회 논문집 pp. 763-767, 2002.10