

구성설계 방법을 이용한 차량용 오디오의 파라메트릭 설계 Parametric Design of a Car Audio Based on Configuration Design Method

강 춘식(한국과학기술원), 한 순흥(한국과학기술원)

C.S.Kang(KAIST), S.H.Han(KAIST)

요 약

제품 설계에 있어 설계 기간의 단축과 설계 변경에의 효과적인 대응은 매우 중요하다. 본 논문에서는 공학설계의 한 방법인 구성설계 방법론을 이용하여 제품을 구성하는 부품 사양을 결정하고, 그에 따른 전체 제품의 조립 레이아웃을 파라메트릭 기법을 적용하여 CAD 시스템상에 가시화하는 전문가시스템을 구축하였는데, 이 시스템은 제품 설계에서 전체적인 품질이 결정되는 초기설계 단계에 대하여 형상 표현에 중점을 두고 구성되었다.

Key Words:CAD(컴퓨터 이용 설계), Configuration Design(구성설계), Fuctional Feature(기능 특징), Parametric Design(파라메트릭 설계), Expert System(전문가시스템)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

오늘날 공학설계 분야에 대해 컴퓨터를 이용한 설계 시스템의 적용이 활발해짐에 따라, 설계 자동화 또는 지능형 설계 시스템에 대한 요구가 증가하고 있으며, 보다 효율적인 설계 시스템의 구축을 위한 연구가 활발히 이루어 지고 있다.

전자 제품의 경우 제품의 특성상 경박 단소화와 고기능화가 필수적이며, 고객의 욕구 다양화 등으로 제품의 수명 사이클이 짧아, 제품 설계 기간의 단축과 빈번한 설계 변경에 효과적으로 대처할 수 있는 설계 기술의 확보가 필요하다. 이러한 전자 제품을 설계하는데 있어서는 정량적이고 수치적인 계산에 의한 것 보다 설계자의 경험에 의한 설계가 중요하며 또한 회로 부품의 배치 변경에 따라 수시로 설계 변경이 일어나고, 설계자는 그러한 설계 변경에 신속하고 효과적으로 대처 해야 하는 것이 특징이다.

구도연 [6,7]은 급지기구 설계를 위한 전문가시스템

을 개발하였는데, 이 시스템은 제품설계의 초기 단계에 대하여 중점을 두고 구성된 것으로, 최종 설계 목표를 달성하기 위하여 계층적으로 설계 목표를 하위 목표로 나누어, 최종적으로는 각 기능에 적합한 한 부품을 선택하고 사양을 결정하도록 하는 구성설계 방법론을 적용 하였다.

본 연구에서는 구성 설계 방법론을 적용하여 결정된 부품의 형상및 조립 레이아웃을 CAD 시스템상에서 가시화함으로써, 설계 일정을 단축하고 유사 설계나 설계 변경에 신속하게 대처할 수 있도록 하고자 한다.

1.2 연구의 목표와 범위

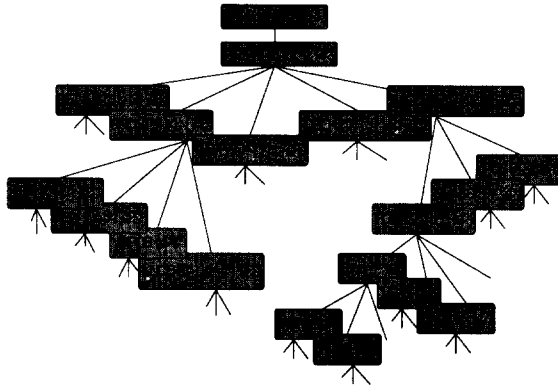
본 연구는 제품 설계시 전반적인 품질에 영향을 주는 개념 설계 단계에서, 구성설계 방법을 적용하여 부품 레벨과 개별 영역 지식까지 분할된 설계 목표를 가지고 기본 조립체를 구성 한 후, 구축된 지식 베이스를 바탕으로 CAD 상에서 파라메트릭 기법을 이용하여, 설계 레이 아웃과 부품의 초기 형상을 결정해 주는 전문가시스템을 구축 하는 것을 목표로 하며, 제품은 차량용 오디오에 적용한다.

2. 차량용 오디오의 설계

2.1 설계목표의 계층적 표현

차량용 오디오를 개발하는데 있어 제품에 대한 상품 기획이 완료 되는 시점에서 개발 검토를 하게 되는데, 목표 품질, 성능, 생산성 등의 검토를 거쳐 구체적인 설계 목표를 결정하게 되면 기본 설계 구상도를 작성 하게 된다. 여기서 제품의 장착 방식, 방열판의 장착 방법, DECK의 장착 방법, PCB SIZE 및 장착 방법, 주요 회로 모듈의 배치 등이 결정 된다.

이러한 설계의 과정은 계층적 구조로 표현될 수 있다. [그림 1]은 설계 과정에서 설계 목표들의 계층적 구조를 보여준다. 상위 노드는 초기 설계 사양으로부터 도출되는 설계 목표를 나타내고, 하위 노드로 갈수록 기본 사양으로부터 도출된 기능 단위의 설계 목표를 나타내는데, 이 설계 목표들은 더 작은 하위 목표들로 나누어 진다.



[그림 1] 설계 목표의 계층적 분석

3. 구성설계의 적용

3.1 구성설계 방법론

본 연구에서 다루는 설계 문제는 1) 제품의 일반적 구조가 알려져 있고, 그 부품과 배치는 알려져 있지 않은 경우와 2) 제품의 부품과 배치가 알려져 있는 경우의 두가지 문제에 대해서 다룬다. 첫번째 경우의 설계 문제가 구성설계에 해당하는 것으로 주요

목표는 미리 정의된 부품들의 집합을 만드는 것이다. 즉 설계 문제의 일반적 구조로 부터 부품과 배치의 결정을 포함하는(해당 부품에 대한 속성 값을 포함하는) 적절한 스키마를 결정하는 것이다. 두 번째 경우는 파라메트릭 설계이다. 파라메트릭 설계는 이미 알려진 부품 형상 및 배치를 효과적으로 변경할 수 있게 해준다[7].

구성설계는 초기설계 단계에서 부품들의 집합으로부터 시작하며, 어떠한 부분적인 관계들은 처음부터 주어진다. 미리 정의된 부품들의 라이브러리가 주어질 경우 설계가 진행되면서 요구된 기능, 성능, 그리고 비용을 만족 시키게 되는데, 이 과정에서 부품에 관한 지식, 부품들 간의 연결 관계에 관한 지식, 부품들 간의 속성 값들과 제한 조건등과 같은 지식이 사용된다.

3.2 구성설계 방법에 의한 설계

구성설계 방법에 의한 설계에서는 설계자가 요구하는 기능들이 지식베이스로부터 선택되게 되는데 이러한 기능은 최상위 레벨부터 전개되며, 각 부품들이 해당 기능에 대응하는 최하위 레벨에서 선택이 된다. 가장 밑바탕이 되는 기본 사양은 "속성= 값"의 쌍으로 나타나게되는데, 이러한 속성 값들을 결정하기 위하여 사양들 간의 제한 조건과 같은 영역 지식이 참조된다[7]. 설계자의 요구 사항이 상위 레벨로 부터 전개 될때 각 레벨에서 부품이나 설계 타입에 대하여, 이미 정의 되어 있는 Prototype 을 결정해야 할 경우 설계자는 적절한 Prototype 을 결정하게 된다. 일단 특정 Prototype 이 결정되면 그 하위 레벨에서, 선택된 Prototype 을 만족하기 위한 부품이나 또는 또다른 Prototype 에 대한 지식이나 변수들이 지식베이스로 부터 선택된다. 이때 상위 레벨의 결정에 따라 하위 레벨의 부품 단계의 Prototype 에 대한 형식이 제한 되기도 한다. 이러한 과정을 거쳐 구성설계는 상세한 부품사양을 포함한 부품들을 조합하여 완성되게 된다.

4. 제한조건을 이용한 파라메트릭 설계

4.1 특징형상 모델링

특징형상(feature)은 '솔리드 모델링 시스템에 있어서 순수한 기하학적 모델보다 의미적으로 높은 수준에 있으며, 특별한 속성이나 기능 등을 포함할

수 있는 엔티티'라고 정의 할 수 있다[13]. 홈, 슬롯, 포켓, 그리고 라운딩 등과 같은 특징형상은 주로 가공을 위한 form feature이며 기하 및 위상학적인 정보 뿐만 아니라 생산정보(product information)를 동시에 지니고 있는데, 이러한 form feature는 생산자의 입장에서 설계하는데 중점을 둔 것이다.

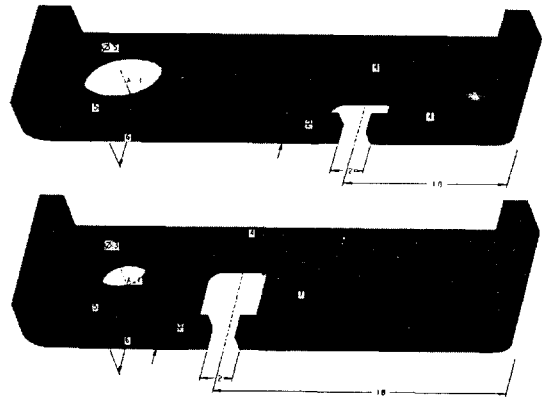
그러나 설계자 입장에서 보면 1) 정의의 용이성, 2) 수정의 용이성, 그리고 3)각 형상들간의 유효성 확인(validation check)의 용이성 등이 더 중요하다[12]. 따라서 제품의 설계의 측면에서 보았을 때는 특정 기능에 관련된 feature들의 집합으로서의 기능 특징(functional feature)이 중요하며 본 연구에서도 이 기능특징(functional feature)을 이용한 특징형상 모델링을 다룬다. 다른 전자 제품 설계도 마찬가지로 이지만 특히 차량용 오디오는 초기 설계 과정에 기구 설계와 관련이 있는 주요 회로 부품과 배치가 기구 부품의 형상을 크게 좌우 한다. 따라서 설계에 빈번하게 사용되는 주요 부품에 대응하는 특징형상을 정의하고 데이터베이스화 하면, 특징형상과 회로 주요 부품과의 구속 조건에 의해 설계를 진행해 나가면서 파라메트릭 디자인을 결합하여, 1)전체적으로는 최종 디자인 모델을 연속적인 특징형상의 집합으로 표현하고, 2)개별적으로는 특징형상을 구속 조건에 의해서 상대적으로 위치시키면서 원하는 설계를 해 나갈 수 있다[12].

4.2 파라메트릭 디자인

일반적으로 제품 개발 과정에서는 여러 번의 설계 수정 과정이 필요하다. 설계자는 설계 목표를 명확화 하여 이를 분석한 후 설계 안을 도출하고 도출된 해의 유효성을 평가하는 과정을 되풀이 하여 최종 제품의 설계를 완성한다.

이처럼 디자인 활동은 주로 반복적인 작업이기 때문에, 사용자에게는 가능한 유연한 제품 설계 시스템이 무엇보다도 중요하다. 이러한 유연한 설계 과정은 파라메트릭 디자인 기법에 의해서 이루어질 수 있다. 특징형상 모델링은 CAD 모델을 여러 가지 특징형상의 집합으로 표현하고, 파라메트릭 디자인은 사용자로 하여금 특징형상을 기하 및 수치정보로 표현하여 형상의 추가 및 변경을 용이하게 해준다. 따라서 이 기법을 이용하여 정의된 형상은 치수의 변화에 따라 새로운 형상으로 쉽게 자동적으로 변화될 수 있다.

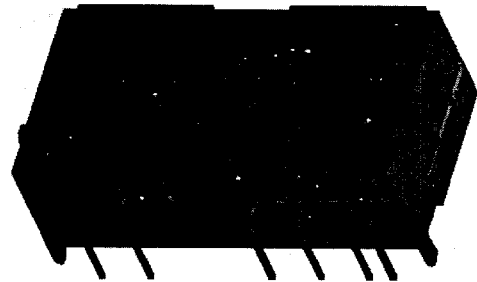
[그림 2]는 상용 CAD 시스템인 Pro Engineer 상에서 구현된 파라메트릭 기법에 의한 형상 변경의 예를 보여준다.



[그림 2] 파라메트릭 기법에 의한 형상 변경

4.3 파라메트릭 설계와 부품 라이브러리

제품 개발에 있어서 설계의 많은 부분은 기존의 부품을 사용하거나 또는 유사한 형상을 갖는 부품을 사용하게 된다. 따라서 이러한 경우 이미 속성이 정의되어 있는 부품들의 라이브러리를 구축해 놓고, 설계의 요구 사항에 적합한 부품이 선택되도록 하면서 설계를 진행하게 된다. 이때 구축되는 라이브러리는 1) 부품의 기하학적인 형상이나 기능이 고정



[그림 3] 모델링된 표준 부품 라이브러리(Tuner)

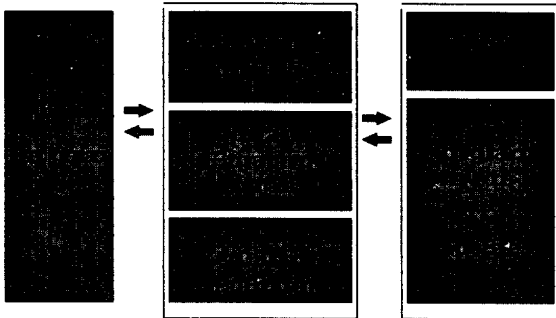
되어 있어 변경할 수 없는 표준 부품의 경우와, 2) 부품 내에서 기하학적인 형상이 일부 또는 전체가 변경될 수 있는 Prototype 부품이 있다. 파라메트릭

설계에서 1)의 경우 조립체를 형성하는 조립 부품들 간의 기하학적 구속 조건이나 설계 제한 조건들이 부여 되며, 2)의 경우 단위 부품 내에서의 특징 형상 간의 구속 조건이나, 조립 부품들 간의 구속 조건, 설계 제한 조건 등이 부여 되어 원하는 형상 또는 조립체를 얻을 수 있는데, 이러한 제한 조건들은 지식베이스(knowledge base)화 하여 이용 할 수 있다. [그림 3]은 표준 부품에 대하여 구축된 라이브러리의 예를 보여 준다.

5. 전문가시스템의 구현

5.1 시스템의 구성

전문가시스템이란 인간의 전문적인 지식을 요하는 특수 영역의 문제를 해결하는데 있어서, 전문가의 지식과 추론의 과정을 사용하는 지능적인 컴퓨터 시스템이다. 전문가시스템은 추론부와 지식베이스 부분이 분리되어, 지식베이스의 추가 및 변경이 용이한 점이 기존의 구조적 언어를 이용한 추론 시스템과 차이점을 갖는다. [그림 4]는 본 논문에서 구현된 전문가시스템의 구조를 보여 준다. 전문가시스템 쉘은 상용 시스템인 Neuron Data사의 Intelligent Rules Element를 채용하며, 기하학적 모델링은 PTC사의 Pro Engineer를 이용한다.

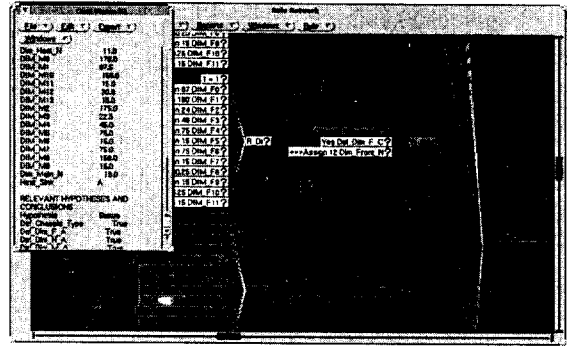


[그림 4] 구축된 전문가시스템의 구조

5.2 지식베이스의 구축

전문가 지식의 내용 중 부품 데이터와 같은 설계 정보는 fact나 frame의 형태로 지식베이스에 저장되고, 설계 제한 조건이나 경험적 지식 등의 추론을 위한 지식은 규칙의 형태로 저장 되어 있다. 사용자로부터의 요구에 의하여 대화식으로 입력을 하면

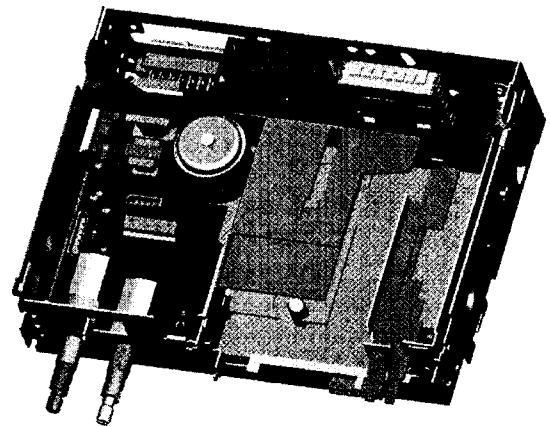
서, 구축된 지식베이스를 이용하여 추론을 시작한다.



[그림 5] 추론을 실행시킨 예

5.3 전문가 시스템의 적용

[그림 5]는 경험적 설계 지식이 설계 규칙 베이스의 형태로 구축되어 추론을 하는 과정을 보여준다. 설계의 시작은 사용자로부터의 요구에 의하여 대화식으로 입력을 하는데, 먼저 설계목표를 달성하기 위하여 필요한 기본 사양을 결정하는 것으로 부터 시작된다. 설계 목표의 계층적 구조를 따라 상위 레벨에서 부터 사양을 결정해 나가는데, 상위레벨의 결정에 따라 그 하위레벨에서 미리 정의 되어있는 설계 타입에 대한 Prototype이 결정되며, 추론의 과정을 거쳐 최하위 레벨에서 부품 또는 특징형상들



[그림 6] CAD에서 가시화된 설계 레이아웃의 예

이 지식베이스로부터 결정되고, 파라메트릭 설계에 적용될 파라미터값들이 결정되어 진다. 이렇게 결

정된 파라미터값들은 CAD 시스템에 연결되어 실제 형상이 가시화 되며, 이때 각 파라미터값들에 의해 특징형상의 위치나 형상이 설계 목표를 만족하도록 적절하게 조정된다.

5.4 실행 결과 및 고찰

[그림 6]은 추론의 결과로 생성된 설계 사상이 실제로 CAD 시스템상에서 구현된것을 보여준다. 특징형상의 결정 등은 실제 회로 부품 사양의 영향을 받게 되며, 그 위치나 크기 등은 지식베이스화된 경험 지식으로부터 결정되게 된다. 본 논문에서 다루어진 회로 부품은 모두 사양 부품으로 파라메트릭 디자인에 의해서 형상 자체는 변하지 않고 위치만 결정이 되게 된다.

6. 결론 및 향후 연구과제

구성설계 방법론을 이용하여 제품의 부품 사양을 결정하고, 그에 따른 전체 제품의 조립 형상을 파라메트릭 기법을 적용하여 CAD 시스템상에 가시화하는 전문가시스템이 구축되었다. 이 시스템은 제품설계에서 전체적인 품질이 결정되는 초기설계 단계에 대하여 형상 표현에 중점을 두고 구성되었다. 이 시스템을 이용하여 설계자는 설계의 출발점을 앞당길 수 있고 따라서 설계 일정을 단축할 수 있으며 유사 설계나 설계 변경시 신속하게 대처할 수 있다. 앞으로 각 부품의 조립체 형성 과정에 공차가 고려되도록 확장하는 작업이 필요하고 더 나아가 제품의 일반적 구조가 알려져 있지 않은 경우의 설계 문제에 대하여도 적용 가능토록 하는 연구가 필요하다.

참고 문헌

1. Mittal, S., Dym, C. L., "PRIDE: An Expert System for the Design of Paper Handling Systems," IEEE Computer, Vol.19, July 1986
2. Frayman, F., Mittal, S., "COSSAK: A Constraint-based Expert System for Configuration Task," *Proceedings of The 2nd International Conference on Applications of AI to Engineering*, Boston, MA., 1987
3. Coyne, R.O., Rosenman, M.A., Gero, J.S., *Knowledge Based Design Systems*, Addison-

- Wesley, pp.450-451, 1990
4. Balkany, A., Birmingham, W.P., et al., "A Knowledge-level Analysis of Several Design Tools," in Gero, J.S. (Ed.), *Artificial Intelligence in Design '91*, pp.921-940, 1991
5. Huang, G. Q., Brandon, J. A., *Cooperating Expert Systems in Mechanical Design*, John Wiley & Sons, 1993
7. 구도연, 한순홍, "급지기구 설계 전문가시스템에서 구성설계 방법론", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 1(2):163-172, 1996.
8. Shah Jami J., Mantyla Martti (Editors), *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*, John Wiley & Sons, 1992.
9. Shah J.J., "Assessment of Features Technology", *Computer Aided Design*, 23(5):331- 343, June 1991.
10. Lee Jae Yeol, Kim Kwangsoo, "Geometric Reasoning for Knowledge-based Parametric Design Using Graph Representation" *Computer Aided Design*, 28(10):831- 841, October 1996
11. Salomons Otto Willem, *Computer Support in the Design of Mechanical Product Constraint Specification and Satisfaction in Feature Based Design for Manufacturing*. PhD Thesis, University of Twente, Netherlands December 1994.
12. 이재열, 김광수, "파라메트릭 접근방법에 의한 특징형상을 이용한 모델링", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 1(3):242-256, 1996년 12월
13. 명세현, 한순홍, "기능 특징을 이용한 파라메트릭 형상 설계", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집 pp.179 - 186, 1997년 2월
14. 임기순, 김광수, "조립을 위한 제약조건 기반 제품 모델링", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp.173-178, 1997년 2월
15. 강병화, 김한기, 정상진, "3 차원 CAD/CAM/CAE 이용한 일관화된 제품 개발 체계", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp.155-159, 1997년 2월
16. 신동찬, 이근우, 이석희, 김왕도, "Top-Down 설계방식에 의한 카메라 개발 설계프로세스의 혁신", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp.160-172, 1997년 2월