

제품설계 지원시스템 개발

서운호* · 박창규** · 김용태*

*울산대학교 공과대학 산업공학부

**울산대학교 경영대학 경영학부

Abstract

본 논문에서는 현재 연구 진행중인 인공지능을 이용한 제품설계 지원시스템의 일부를 소개하고자 한다.

서론

설계는 주어진 요구사항을 만족시킬 수 있는 객체(artefact)를 고안해 내는 정신적 창작활동이라고 할 수 있다. 객체가 만족시켜야 할 요구사항은 필수기능(function requirement)으로 묘사되고 정신적 창작활동의 결과는 설계물(design description)로 표현된다. 여기서 필수기능은 추상적이고 상위개념이며, 정신적 창작활동의 결과인 설계물은 그림이나 숫자 및 문자로 나타난다. 따라서 설계의 주기능은 필수기능을 설계물로 전환하는 것이다. 설계물은 고안된 객체가 제작될 수 있도록 충분한 정보를 함축하고 있어야 한다.

일반적으로, 설계과정은 필수기능들을 명확히 정의하면서 시작되며, 설계자는 정의된 필수기능의 집합에 기초하여 설계물에 대한 개념적 틀을 구상한다. 좀더 구체적으로 말하면, 설계과정은 다음의 단계를 포함한다 (Gero, 1990).

- (1) 문제의 정의 (formulation)
- (2) 분석 (analysis)
- (3) 종합 (synthesis)
- (4) 평가 (evaluation)
- (5) 설계물의 개발 (production of design description)

본질적으로 설계는 정형화 되어 있지 않은 어려운 문제이며, 인간의 독창성과 경험의 축적 및 활용을 필요로 하는 분야이다. 따라서 설계는 과학적인 접근방법이나 체계적인 연구에 의하여 해결될 수 없는 신비로운 창작활동이라고 주장하는 설계자

들도 있지만 설계에 대한 연구는 꾸준히 진행되어 오고 있다. 초기의 연구들은 설계과정을 체계적으로 규명하려는 시스템적인 관점과 경영과학의 기법들을 활용하였다. 그러나 최근에 들어 인공지능에 바탕을 둔 정보공학이 발전을 보이자 다양한 방면에서 설계에 대한 연구가 활기를 띠기 시작하였다 (Gero, 1990).

인공지능 기술을 응용하여 설계문제를 풀려고 시도한 노력으로는 지식기반시스템(knowledge-based system)과 사례기반추론시스템(case-based reasoning system) 등을 들 수 있다. 지식기반시스템은 규칙들로 정의된 전문가의 경험과 탐색과정을 통하여 문제에 대한 해답을 찾으려고 노력한 반면, 사례기반추론시스템은 유사한 과거의 사례를 검색하고 선택된 사례를 수정 및 보완하여 새로운 문제에 대한 해를 제시하는 접근을 시도했다 (Kolodner, 1993).

한편, 이들 인공지능 기술을 활용한 시스템들은 사용한 지식에 따라서 표층지식(shallow level knowledge)시스템과 심층지식(deep level knowledge)시스템으로 나눌 수 있다 (Punch, 1992). 표층지식시스템은 경험을 통하여 얻어진 지식이나 적절한 답을 직접적으로 얻을 수 있는 단편 지식을 사용하였고, 심층지식시스템은 기능간의 관계와 일반적으로 알려진 원리(general principle)들 이용하여 유추할 수 있는 지식을 사용하였다.

심층지식을 이용하여 제품설계 문제를 해결하려고 한 대표적인 연구는 Function-Behavior-Structure (FBS) 모형이다. 여기서 function 은 설계하려는 객체

에 의해 달성할 수 있는 목적이고, 그 목적은 behavior 에 의하여 달성된다. 다시 말하면, function 은 기대되어 지는 기능이고, behavior 는 그 기능이 어떻게 달성되는지를 보여준다. 그리고 structure 는 어떤 구성요소들이 제품을 이루고 있는지, 각 구성요소들의 속성이 무엇인지, 그리고 그들이 어떻게 연결되어 있는지를 명시한다 (Qian & Gero, 1996; Keuneke, 1991). FBS 모형은 제품에 대한 심층지식을 function, behavior, 그리고 structure 간의 관계, 즉 FBS 경로로 묘사하였으며, 이 FBS 경로를 이용하여 제품을 설계하려는 시도를 하였다.

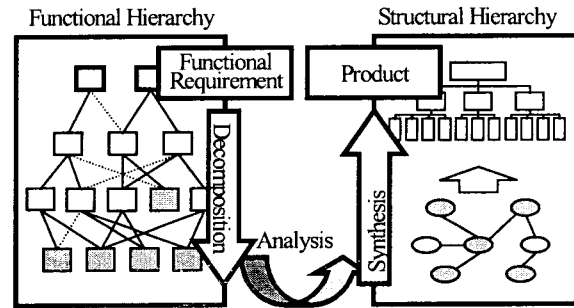
심층지식을 이용하면 표층지식으로는 할 수 없는 What-If 형태의 질문에 대한 응답능력이 생겨서 더 유연하고 완벽한 사고를 할 수 있는 장점이 있으나, 처리속도가 느리다는 단점이 있다 (Lee & Alexander, 1993). 따라서 제품설계 지원시스템은 표층지식과 심층지식을 상황에 맞게 활용하여 시스템의 효율성을 높이려는 노력이 필요하다.

본 논문은 다음 절에서 현재 연구 진행중인 제품설계 지원시스템을 구축하기 위하여 취한 접근방법에 대하여 설명하고, 이어서 시스템구조 및 간단한 구현예제를 보여준다.

접근방법

서론에서 설계는 주어진 요구사항을 만족시킬 수 있는 객체를 고안해 내는 정신적 창작활동이라고 정의하였다. 다시 말하면, 설계는 추상적 개념인 요구사항을 구체적 개념 혹은 물리적인 객체로 전환시키는 과정, 즉 정신적 창작활동이다. 따라서 본 논문에서는 제품설계 문제를 체계적으로 풀기 위하여 추상적 개념을 다루는 부분과 구체적 개념을 다루는 부분으로 나누어 접근한다. 또한 각 부분에서는 계층구조개념을 도입한다 (Acar & Ozguner, 1990). 계층구조개념을 도입함으로써 복잡한 제품설계 문제를 다단계의 보다 쉬운 하부문제들로 나눌 수 있고, 각 단계별로 심도가 다른 지식을 활용할 수 있는 장점이 있다.

<그림 1>는 본 논문에서 취한 접근방법의 개념을 보여준다. 제품설계 문제를 해결하기 위하여 추상적 개념을 다루는 기능계층(functional hierarchy)과 구체적 개념을 다루는 구조계층(structural hierarchy)으로 나누어 체계적으로 접근하며, 설계는 이 두 계층을 통하여 기능분해, 분석, 그리고 통합하는 과정이라고 본다.



<그림 1> 접근방법의 개념도

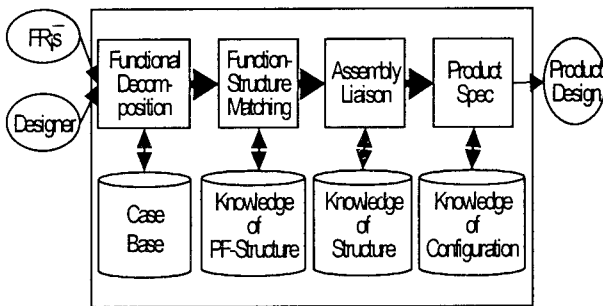
본 접근방법을 간략히 설명하면 다음과 같다. <그림 1>의 기능계층에서 최상위에 있는 개념은 필수 기능이다. 필수기능은 추상적 개념인 요구사항을 만족시킬 수 있는 최소한의 요구집합으로 구성되며 각각의 필수기능은 독립적이다 (Suh, 1990; Jakobsen, Sigurjonsson & Jakobsen, 1991). 아직 필수기능은 추상적이어서 좀 더 상세한 분해가 요구되어 기능분해 과정을 거친다. 기능분해과정은 필수기능을 반복적으로 분해하여 기본기능(primitive function)으로 연결될 때까지 수행된다 (Sturges, O'Shaughnessy & Kilani, 1996). 여기서 기본기능이란 대응되는 부품이 존재하여 더 이상의 분해가 필요 없거나 더 이상 분해가 안 되는 최하위의 기능을 뜻한다. 필수기능을 기본기능으로 분해하는 과정에서는 표층지식인 과거의 사례와 설계자의 경험을 바탕으로 진행한다.

기능계층을 통하여 얻어진 기본기능의 집합을 <그림 1>의 구조계층으로 넘겨주기 전에 기본기능들에 대한 분석이 요구되며, 이때 심층지식이 이용된다. 심층지식을 이용하여 조립관계도(assembly liaison graph)가 구성되고 최종적으로 제품구조도 또는 제품설계가 완성된다.

시스템구조

본 논문에서 구현중인 제품설계 지원시스템은 <그림 2>와 같이 4개의 모듈, 즉 기능분해모듈, 기능-구조 대응모듈, 조립관계모듈, 그리고 제품규격모듈로 구성되어 있다. 현재 기능-구조 대응모듈과 조립관계모듈에 대한 진척을 보이고 있으며 조만간 기능분해모듈 및 제품규격모듈에 대한 연구가 완성될 것이다.

설계해야 할 객체에 대한 설명이 자연어로 기술되어 주어지면 설계자는 요구사항을 만족시킬 수 있는 필수기능의 집합을 형성함으로써 설계과정이 시작된다. 기능분해모듈은 필수기능들을 분해하여 기본기능으로 연결한다. 기능분해모듈을 통하여 얻어진 기본기능과 대응되는 부품들을 찾기 위하여 기능-구조 대응모듈이 이용되고 제품의 조립관계도는 조립관계모듈을 통하여 구현된다. 최종 제품구조도는 제품규격모듈을 통하여 구축된다.



<그림 2> 시스템 구성도

구현예제

본 논문에서는 구현예제로서 간단한 사무용 의자의 조립관계도를 형성하는데 적용하여 보았다. 현예제에서는 기능분해모듈을 통하여 필수기능으로부터 기본기능으로 이미 분해가 되어 있는 것으로 가정하고 기능-구조 대응모듈과 조립관계모듈을 거쳐서 제품조립관계도를 형성하는 과정을 설명한다.

먼저, 기능분해모듈에서 선택된 기본기능들을 기본기능리스트(primitive function list)로 정의한다.

$Structure([H | T])$: 기본기능들로 구성된 list를 의미

다음으로 임의의 기본기능에 해당하는 구성품들을 유도하기 위해 기능-구조대응모듈의 데이터베이스를 검색한다. 이때 다음과 같은 predicate logic 을 통하여 구현된다.

$match(_, function(_, Verb, Noun), component) :$

Verb 와 Noun 으로 정의된 기본기능에 대응하는 임의의 구성품(component)를 검색

검색된 구성품에 대한 조립연결관계를 유도하기 위해 조립관계모듈을 이용한다. 이때 구조 데이터베이스를 검색하게 되는데 다음과 같이 정의된 predicate logic 을 통하여 연결관계를 유도한다.

$connect(_, component, relate_component) :$

특정 구성품(component)에 대하여 연결관계가 있는 임의의 구성품 (relate_component)를 검색

그리고 연결관계가 있는 구성품이 기본기능 리스트에 포함되는 가를 검색한다.

$select_component(relate_component) :$ 연결관계 구성품(relate_component)에 대응하는 기본기능을 유도

$select_function(primitive_function, structure([H | T])) :$ 연결관계 구성품에 대응하는 기본기능이 기본기능 리스트에 포함되는 가를 검색

위에 정의된 기호들을 바탕으로 다음과 같은 predicate logic 을 통하여 구현된다.

$select_component(relate_component) \leftarrow$
 $match(_, function(_, Verb, Noun), relate_component) \wedge$
 $select_function(function(_, Verb, Noun), []).$
 $select_component(relate_component).$

$select_function(F, [F | _]).$

$select_function(F, [_ | T]) \leftarrow select_function(F, T).$

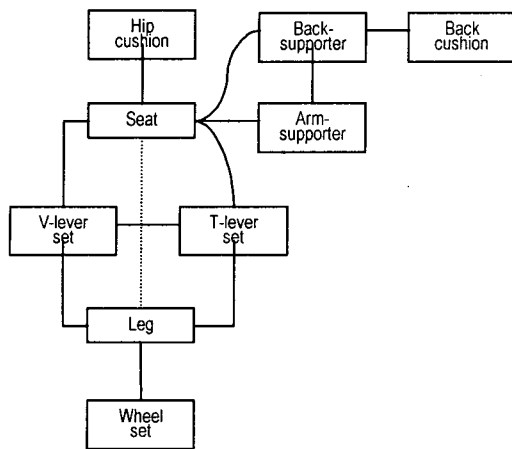
마지막으로, 기본기능 리스트에 포함되어 있는 모든 기본기능들에 대한 구성품의 연결관계가 유도될 때 까지 반복을 한다.

$show_connect(primitive_function)$: 기본기능 (Primitive function)에 대한 component 연결관계 생성을 의미
지금까지 설명한 절차에 대한 전체적인 predicate logic 은 다음과 같다.

$structure([H | T]) \leftarrow show_connect(H) \wedge structure(T).$

$show_connect(function(_, Verb, Noun) \leftarrow match(_, function(_, Verb, Noun), component) \wedge connect(_, component, relate_component) \wedge select_component(relate_component). show_connect(function(_, Verb, Noun).$

위의 과정을 거쳐서 형성된 간단한 사무용 의자의 조립관계도를 <그림 3>에서 보여준다.



<그림 3> 사무용 의자의 조립관계

결론

본 논문에서는 연구 진행 중인 제품설계 지원 시스템의 기능-구조 대응모듈과 조립관계모듈에 대하여 소개하였다. 구현 언어로는 Visual Prolog 를 사용 중이다. 아직 연구개발 초기단계이지만 지금까지 나온 결과를 볼 때 앞으로의 연구에 더욱 기대가 되며, 이 연구가 완결되면 제품설계분야에 많은 기

여가 될 것으로 전망된다.

참고문헌

- Acar, L. & Ozguner, U. 1990. Design of knowledge rich hierarchical controllers for large functional systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 20(4), 791-803.
- Gero, J.S. 1990. Design prototypes: A knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, 11(4) 26-36.
- Jakobson, K., Sigurjonsson, J., & Jakobson, Ø. 1991. Formalized specification of functional requirements. *Design Studies*, 12(4), 221-224.
- Kolodner, J. 1993. *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers.
- Keuneke, A.M. 1991. Device representation: The significance of functional knowledge. *IEEE Expert*, 6(2), 22-25.
- Lee, W.Y. & Alexander, S.M. 1993. A diagnosis scheme for a large-scale system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 4, 341-354.
- Punch, W.F. 1992. Large interactions of compiled and causal reasoning in diagnosis. *IEEE Expert*, 28-35.
- Qian, L. & Gero, J.S. 1996. Function-behavior-structure paths and analogy-based design, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 10, 289-312.
- Sturges, R.H., O'Shaughness, K. & Kilani, M. 1996. Computational model for conceptual design based on extended function logic. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 10, 255-274.
- Suh, N.P. 1990. *The Principles of Design*, Oxford University Press.