韓國精密工學會 2000年度 春季學術大會論文集 pp.

Design DNA 방법을 이용한 재구성 가능한 설계 지식의 표현

고희병*, 하성도, 김태수 (한국과학기술연구원 CADCAM 연구센터),
이수홍 (연세대학교 기계공학부)

Reconstructible design knowledge expression using Design DNA method

H. Koh , S. Ha , T. S. Kim (CADCAM Research Center, KIST),
S. H. Lee (Department of Mechanical Engineering, Yonsei University)

ABSTRACT

Knowledge classification and expression of constructed knowledge have been main research issues in the field of knowledge representation. Constructed design knowledge of the former product loses its utility when new products with different structures are introduced to the market. In order to construct the design knowledge for a new product, designers need to reconstruct the design knowledge with new relationships. The design knowledge has been constructed with level trees, but it is difficult to rearrange the relations. Design DNA is proposed in this work in order to facilitate the rearrangement of design knowledge and give flexibility to knowledge structure. Design DNA is based on Layout-oriented domain knowledge and Function-oriented domain knowledge, which enables to generate new design knowledge that will result in new part geometries for given constraints on the part functions. Design DNA is applied to the design knowledge of lever system of the automatic transmission of passenger cars as an example.

Key Words: Design DNA (설계 DNA), Knowledge representation (지식 표현), reconstructible design knowledge (설계 지식 재 구성)

1. 서론

지식기반 모델의 사용은 특별한 기법이나 프로그램등을 이용하며 특정한 응용 영역에서 제한적으로 사용되어 왔다. 이러한 기법들이나 프로그램들은 여러 지식 표현과 전문가들의 협의체에 따라 연관된 분야에서 각기 개별적으로 개발되었다. 이러한 지식모델의 의존성이 지식기반 시스템의 일반적인 사용을 저해한다는 문제점들을 인식하고 있었던 연구자들은 일반적인 지식 모델을 가지고 지식을 표현하는 방법들을 연구하기 시작 했다.

예를 들면, 첫번째 세대의 지식 기반 시스템은 선언적인 지식표현, 즉 Rule, Frame 등을 이용하여 표준 추론 절차들을 제공하였다. 그 다음 세대의 설계 응용 지식 기반 시스템들은 의미의 상징적 표현으로부터 설계 과정들을 추출하였고 모델기반 시스템 개발의 방법으로 발전했다.

이 방법들은 지식은 전문가의 전문지식에서 얻어 낸다는 이전의 고전적 접근 방법과는 상당히 대조적이었다. 이 단계에서 추상적 단계라는 새로운 개념이 지식을 설명하기 위해 제안 되었다 [1][2][3].

그러나 이러한 추상 단계 구조는 설계와 생산 영역에서 적용되기 힘들다. 과거 많은 기업들이 지식의 편의성을 위해 엄격한 추상단계 구조의 지식 표현 방법들을 고려해 왔다. 그러나 시스템 유지에 대한 동적 영역의 복잡성과 불확실성 들이 이러한 접근방법을 불가능하게 했다 [4].

세 번째 지식기반 시스템에서는 각각의 지식들과 사실들간의 연결관계가 고려되었다. 그러나 이것 또한 설계 및 생산 영역에 적용하기에는 몇 가지 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제들은 점점 짧아지는 설계 지식들의 생명주기, 엄격한 구조를 갖는 지식들의 유연성 결여, 그리고 설계 지식의 재사용의 어려움 등이다. 지식기반 시스템에 관한

이전의 연구자들은 한번 만들어지고 분류된 지식은 결코 변하지 않는다고 생각했다. 그러나, 설계 지식의 생명 주기는 실제 생산 영역에서는 매우 짧다. 국내의 대표적인 자동차 부품 생산업체들 중에서 자동 변속기의 변환 레버 시스템을 생산하는 기업을 예로 들면, 생산품의 생명 주기는 약 4 개월 이하이다. 따라서 새로운 설계 지식은 현재의 지식이 지식 베이스로 완전히 구성되기 이전에 생성된다. 현재의 지식으로 구성된 지식 베이스는 그 지식이 충분히 사용되기 이전에 이미 그 효용성이 없는 지식 베이스가 되어 버린다. 이전의 지식 표현방법은 지식을 엄격하게 구조화하는 지식의 분류에 관심이 많았다. 그러나 이러한 엄격한 지식의 분류 방법은 지식 구조가 유연하지 않아 지식의 재사용에 큰 제약이 되었다.

본 논문에서는 설계 지식의 재사용 문제를 해결하고 자동설계의 영역에 적용하기 위해 Design DNA 방법을 제안한다. 본 방법에서는 지식 표현을 위한 단계적 표현이 사용되지 않으며, 지식 구조를 나타내기 위해 지식들간의 연관관계를 사용한다. Design DNA 방법으로 설계 지식의 짧은 생명 주기를 고려하며 지식의 재사용과 유연성을 강화한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 이전의 관련 연구와 Design DNA 에 관해 간략하게 설명하며, 3 절에서는 Design DNA 방법을 이용한 지식 표현 시스템에 대해 기술한다. 4 절에서는 사례연구의 결과를 살펴보고, 5 절에서는 결과와 향후 연구 계획에 대해 기술한다.

2. 지식 표현

2.1 관련 연구

지식 단계로 알려져 있는 추상 단계에서는 지식 추론의 전략과 지식 종류의 역할의 관점에서 지식 모델의 표현이 가능하다. 이러한 단계들은 특별한 상징적 표현 형식에 의해 시스템에서 구현된다 [5]. 지난 몇 년간의 지식 단계에 대한 지식 모델 제안들이 나온 이후, 지식 획득연구에 관한 학회에서는 generic task [6][7], 경험 요소의 모델에서의 generic task [8], 제한적 방법의 역할 [9], ontology [10] 개념 등과 같은 몇 가지 중요 개념에 대해서 합의하였다.

2.2 Design DNA

Turban 과 Aronson [4]은 지식은 명시적 지식과 암묵적 지식으로 분류되고, 이러한 지식 종류의 차이점들은 서로 밀접하게 연결되어 있다고 설명하였다.

Design DNA 방법에서는 위의 지식 구분 방법을 이용하여 설계 지식을 다음과 같은 두 가지 지식 영역으로 분류한다.

- **Layout-oriented domain knowledge**
  이는 정보 구성을 위한 기본 근간이 되는 지식의 집합을 의미하며, 지식과 직접 연관되는 사실들로 구성된다. 즉 시스템 외부의 요구나 개선점들로 인한 사실적인 설계 요소 관련 지식들을 의미한다. 그 예로 설계자의 경험, 노하우, 아이디어, 구성 등이 이 지식 영역에 해당된다.

- **Function-oriented domain knowledge**
  이 지식들은 layout-oriented knowledge 영역에 있어서 세부적인 해결 방법들을 의미한다. 이러한 지식 영역에 있는 지식들은 시스템 내부 오퍼레이션과 연결되어 있다. 메커니즘, 공식, 특허 그리고 고정 상수들이 이 지식 영역에 해당된다..

Design DNA Mechanism

Layout-oriented domain 은 암묵적 지식을 포괄적으로 포함하고 있다. Layout-oriented domain 은 형식적인 지식 개념을 Know-how,. Expertise, Organization, Ideas 으로 구분한다. Know-how 는 산업상의 기술에 관한 비법 ·비결 ·특허권 ·저작권 등 제조설비의 완성 ·운전에 기본적으로 필요한 기술적 지식을 의미하며 주로 Function-oriented domain 에서 Formula 와 Patent 와 연결이 된다. Expertise 는 지식에 대한 경험에 의한 가치 판단을 의미하며 주로 Function-oriented domain 에서 Value 와 Formula 로 연결이 된다. Organization 은 지식 구성방법이나 지식들간의 연결 방법을 나타내는 지식 분류이다. 주로 Function-oriented domain 에서 Mechanism 과 연결이 된다. Ideas 는 설계활동을 통해 과거에 존재하지 않던 창의적인 지식을 나타내는 지식 분류이다. 주로 Function-oriented domain 에서 Mechanism, Value, Patent 그리고 Formula 와 모두 연결 가능하다.

Function-oriented domain 에서는 지식의 영역 분류를 구체적인 Mechanism, Value, Patent 그리고 Formula 로 나누어서 Layout-oriented domain 의 세부 domain knowledge 와 연결한다.

Function-oriented domain 에서는 하나의 Layout-oriented domain 의 지식에 복수의 Function-oriented domain 의 지식이 연결될 수 있으며 이러한 지식들을 Design DNA 의 process 에 의해 최적의 지식만이 일대일 방법으로 mapping 된다.

Design knowledge	Layout-oriented	Fuction-oriented
height of helix	(K)Know-how	(F)Formula
pitch	(E)Expertise	(V)Value
position of center line	(K)Know-how	(F)Formula
inside radius	(K)Know-how	(F)Formula
deciding position	(I)Ideas	(M)Mechanism
ass'y position for types	(O)Organization	(M)Mechanism

Table 1: Classification of knowledge expression.

Table 1 은 스프링을 설계하는데 필요한 설계 지식들을 분류한 결과이다. Table 1 에서는 스프링의 설계지식을 앞에서 설명한 지식의 두 가지 영역, Layout-oriented domain 과 Function-oriented domain 로 나누어 최적의 일대일 mapping 의 사례를 보여주고 있다. 스프링의 길이, 피치, 내부 원지름 등을 나타내는 설계 지식은 스프링을 구성하는 기본 설계요소에 해당하기 때문에 Layout-oriented domain 에서 Know-how 로 분류 하였다. 이에 대응하는 Function-oriented domain 으로는 Formula 와 Patent 의 형태가 경우에 따라 존재할 수 있다. 이러한 경우 최적의 제약조건에 의해 최적의 mapping 을 찾게 된다. 위의 예의 경우는 일반적으로 스프링의 길이를 결정하는 공식을 사용하기 때문에 Function-oriented domain 으로 (F)Formula 로 표현 된다.

3. Design DNA 를 이용한 지식 합성

3.1 지식 합성

Design DNA 시스템에서의 지식합성 과정은 Figure 1 에 표현된 것과 같다. Design DNA 합성과정에서 DNA 는 일련의 지식들의 집합 가닥(thread)으로 표현된다. 즉, Layout-oriented domain 과 Function-oriented domain 의 mapping 된 모든 경우에 해당하는 설계 지식들이 thread of knowledge (Design DNA)의 형태로 표현된다.

새로운 형태의 part 혹은 product 가 설계되는 경우 Design DNA 는 두 가지 enzyme 에 의해 mRNA 와 tRNA 로 분리된다. enzyme 은 필요한 지식을 선별해 내기 위해 ENZm 과 ENZt 라는 두 종류의 제약조건을 갖는다. 이러한 enzyme 의 역할은 지식 합성에서의 기본 입력 값 역할과 필요한 지식의 선별을 위한 제약 조건들로서 역할한다. 지식 합성과정에서 두 종류의 enzyme 은 이전의 설계 지식인 DNA 로부터 필요한 지식을 선별해 내고 mRNA 와 tRNA 를 만들어 낸다. Codon 은 mRNA 에 있는 설계 지식에서 형상에 영향을 주는 연관된 정보 요소들 합성해 주는 합성체이다. Anticodon 은 mRNA 에서 만들어진 codon 이 가져야 하는 제약 조건이나 다른 codon 과 연결성을 갖는 연결정보이다. 이렇게 만들어낸 mRNA 에서 필요한 설계 형상 정보를 codon 을 이용하여 형상화 하고, tRNA 에서는 anticodon 을 이용하여 codon 에서 만들어진 형상 정보들간의 연관성을 재정의 한다. 하나의 codon 에는 1 개 anticodon 이 연결되어 anticodon 에 의해 codon 의 합성위치나 조건이 결정된다. 이렇게 만들어진 codon 과 anticodon 의 중합체로 제품 혹은 부품의 형상 (feature)이 만들어 진다.

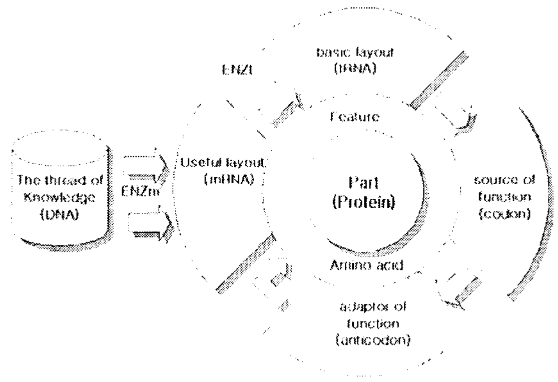

Figure 1: The process steps of Design DNA system.

마지막으로 설계 제품은 마치 생물학적 시스템에서의 단백질 사슬과 같이 codon 과 anticodon 을 이용해서 만들어진 형상들의 조합으로 구성된다.

4. 사례연구

자동차 부품 생산 업체들은 많은 시간과 노력을 기울여 짧은 기간 내에 새로운 모델을 출시하는 것을 목표로 한다. 자동차는 1 만 여 개의 부품들로 구성되어 있으며 그 부품마다 종류와 크기가 다양하여 설계의 생명 주기가 상당히 짧다. 본 연구에서는 이러한 자동차 부품 중에서 수명주기가 4 개월 남짓인 자동차의 자동 변속기 레버를 적용 대상으로 하였다.

Figure 2 의 부품은 자동 변속기 레버 부품 중에서 4 개의 부품들이 조립되는 bracket 이다. bracket 중에서 차체 바닥에 조립체를 고정하기 위하여 사

용되는 발 (foot) 형상 설계에 Design DNA 방법을 적용하였다. 발 형상을 결정하는 지식들을 두 가지 지식영역으로 나누고 이러한 지식들을 축적하여 DNA 를 구성하였다. 각 발의 모양을 구성하는 entity 의 구성 방법이 Layout-oriented domain 지식이 되고, 이러한 entity 들이 발 형상을 만들기 위한 특정 값이나 공식들이 Function-oriented domain 지식이 된다.

Figure 7 은 Design DNA 을 이용한 설계 합성의 결과들이다.

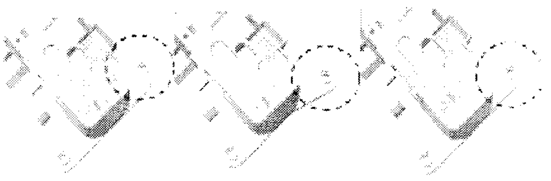

Figure 2: Design modification example
(The mounting point positions are redesigned.)

5. 결론

산업 현장에서 필요로 하는 설계지식은 그 수명 주기가 설계 제품의 생명 주기 보다 더 짧아지는 현상 때문에 종래의 방법들을 적용하기에 부적절하였다. 그리고 추상 계층을 갖는 이전의 접근 방법들은 구성 되어 있는 설계구조의 재사용이 힘든 수직적 지식 연결 구조로 되어 있어서 빠르게 변화하는 설계지식에 민첩하게 대응할 수 없었다.

설계 지식들의 변화는 유연한 지식 구조, 쉬운 지식의 재사용, 그리고 인간과 소프트웨어 에이전트간의 공통적 이해를 필요로 하는 새로운 제품 설계가 필요할 때 자주 발생한다. 이러한 요구조건을 충족시키기 위하여 본 논문에서 Design DNA 라는 새로운 지식 표현 방법에 대해서 연구하였다.

설계 지식은 지식의 재사용을 위하여 Layout-oriented domain 지식과 Function-oriented domain knowledge 지식으로 분류된다. 이 지식들은 각각의 domain 에서의 지식들과 일대일 대응을 통하여 선행적으로 관리되는 방법으로 지식의 연결관계를 표현하였다. Design DNA 는 생물학적 DNA 와 같이 DNA 로부터 필요한 지식들을 얻고 형상화 하기 위하여 지식을 합성하는 생물학적 유사성을 갖는다. 새로운 설계는 이미 존재하는 Design DNA 에 추가되어서 설계 지식은 지속적으로 축적되어 확장되게 된다. 합성 구조는 다른 지식 관리 방법으로는 얻기 힘든 새로운 형상, 치수들을 단품 혹은 조립품 설계에 적용할 수 있는 고도의 유연성을 갖추고 있다. 연구된 방법을 활용하여 자동차 부품의 하나인 자동 변속기 레버의 bracket 설계에서 새로운 형상의 부품이 설계될 수 있음을 보였다.

후 기

본 연구는 과학 기술부 중점국가연구개발 사업의 지원에 의한 것 입니다.

참고문헌

1. Cuena, J., Molina, M., 2000, The role of knowledge modelling techniques in software development: a general approach based on a knowledge management tool, International Journal of Human-Computer Studies, 52:385-421.
2. Chu, Stephen, Cesnik, Branko, 2001, Knowledge representation and retrieval using conceptual graphs and free text document self-organisation techniques, International Journal of Medical Informatics, 62:121-133.
3. Dieng, R., Corby, Olivier, Giboin, Alain, Rbieere, Myriam., 1999, Methods and tools for corporate knowledge management, International Journal of Human-Computer Studies, 52:385-421.
4. Turbant, E., Aronson J. E., 2001, Decision support systems and intelligent systems (sixth edition), Prentice Hall, Book, MA.
5. Newell, A., 1982, The knowledge level, Artificial Intelligence 18, 87-127.
6. Chandraskaran, B., 1986, Generic tasks in knowledge based reasoning: High level building blocks for expert systems design, IEEE Expert.
7. Chandrasekaran, B., Johnson, T.R.&Smith, J. W., 1992, Task-structure analysis for knowledge modeling, Communications of the ACM, 35, Also In J. CUENA, Ed.,1993, Knowledge Oriented Software Design 1993. New York: Elsevier.
8. Steels, L., 1990, Components of Expertise AI Magazine, Vol. 11(2) 29-49.
9. McDermott, J., 1988, Preliminary Steps toward a taxonomy of problem solving methods, In Smarcus, Ed. Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems, Boston: Kluwer Academic.
10. Gruber, T. R., 1993, A translation approach to portable ontology specifications, Knowledge Acquisition 5.
11. Weaver, Robert Franklin, 2001, Molecular Biology (second edition), McGraw Hill College Div, Book, MA.