

온톨로지를 이용한 대면적 미세형상 사출 금형 설계 지식 추론 기구 Ontology based Inference Mechanism of Design Knowledge for Injection Mold with Micro-Features on Large Surfaces

*엄광호¹, #강무진²

*K. H. Eum¹, #M. Kang(mjkang@skku.edu)²

¹성균관대학교 대학원, ²성균관대학교 기계공학부

Key words : Ontology, Inference, Injection Mold Design Knowledge

1. 서론

현대 사회에서 기업이 급변하는 시장의 변화에 경쟁력을 가지기 위해서는 제품의 설계 지식을 활용하려는 노력이 필요하다. 현재의 설계 지원 시스템은 설계과정에서 생성되는 노하우와 같이 정량화되지 않는 지식이나 다양한 형태의 지식 처리가 용이하지 않다. 이에 실제 설계환경에 설계 지원 시스템은 단편적인 정보만을 제공하거나 3D CAD 정보만을 제공함으로써 실질적인 설계 업무는 설계자의 경험에 의존하고 있으며 또한 설계지식의 공유와 재사용이 쉽지 않아 경험이 적은 설계자는 시행착오를 반복하게 된다. 따라서, 설계지식을 효과적으로 관리하고 재사용할 수 있는 시스템을 개발하는 것은 설계업무를 개선하여 기업 경쟁력을 높이는 데 중요한 요소가 될 수 있다.

온톨로지는 지식의 개념을 클래스와 인스턴스, 그리고 이들 간의 관계를 공리적으로 표현하여 명세화하는 것으로 적용대상에 대한 실제적인 관점을 반영할 수 있는 장점을 가지고 있다.¹ 설계지식을 온톨로지로 구축하면 설계지식의 구조에 대한 명세가 정립되기 때문에 분산되어 있는 설계 지식들을 통합할 수 있는 체계를 가질 수 있으며, 정량화하기 어려운 설계 지식을 표현하는 데 적절한 방법이 될 수 있다. 또한 설계 지식을 활용하기 위해 키워드 검색에 의존하던 방식을 탈피하여 온톨로지서 제공하는 추론 메커니즘을 이용하여 요구되는 지식을 지능적으로 제공할 수 있는 환경을 구축할 수 있다.

본 논문에서는 온톨로지를 이용하여 표현된 설계지식을 제공하기 위한 접근 방법을 제안하고 실제 사례를 통해 시스템의 유효성을 검증한다.

2. 관련연구 현황

Mizoguchi, R.²는 인공물에 대한 설계 지식을 Functional Concept Ontology, Ways of Function Achievement, Extended Device Ontology 로 모델링하여 Functional Knowledge Model 을 제안하였다. Extended Device Ontology 는 인공물과 입출력 관계에 대한 개념을 Device, Conduit, Operand, Medium, Behavior, Function 을 이용하여 명시적으로 상세하게 표현한 모델이다. Functional Concept Ontology 는 인공물의 Function 대한 지식을 Meta-Function 과 Base Function 으로 모델링한 것이다. 설계자는 Extended Device Ontology 와 Functional Concept Ontology 를 이용하여 인공물의 입출력 관계를 기능적인 관점에서 분석한다. 여기에 Ways of Function Achievement 를 사용하여 해당 기능을 획득하는 방법을 포함하는 인공물의 Function Decomposition Model 을 획득할 수 있다. 설계자들은 개념 설계, 설계 검토 등에서 인공물의 문제해결을 위한 공유된 지식 기반을 Function Decomposition Model 과 Ways of Function Achievement 를 통해 제공받을 수 있다. Functional Knowledge Model 은 일반적인 기능적 모델의 개념 설계에 운용이 가능하며 제약조건과 같은 설계 지식을 지원하지 않는다.

Szykman, S.³는 설계 지식 중에서 제품의 Nongeometric 한 정보를 처리하기 위해 Function, Behavior, Physical Decompositions, Functional Decompositions 을 포함 하고 Physical Domain 과 Functional Domain 사이의 매핑을 포함하

는 Information Modeling framework 개발하였다. Form 에 대한 Function 과 Subfunction 그리고 Function 의 Input-Flow 와 Output-Flow 관계를 Function Information Model, Flow Information Model 로 표현하고 NIST 프로젝트에서 개발한 Generic Schema 로 표현하였다. 스키마로 표현된 지식의 검색을 위한 Graph-based Pattern-matching Algorithms 이용하여 대상 인공물의 메커니즘을 수행하는 Function Structure 의 검색이 가능하며 해당 Function 을 수행하는 인공물을 검색할 수 있다. 설계자는 기존 제품 설계의 물리적, 기능적, 거동적인 지식을 검색하고 획득할 수 있으며 이를 편집 설계에 이용함으로써 개발 과정에서 시간과 노력을 줄일 수 있다. 또한, 제안된 Knowledge Model 은 설계자에게 새롭게 추가되는 설계 지식을 공유된 개념으로 저장할 수 있는 기반을 제공한다. 하지만, Artifact 의 주기능 외에 부기능의 모델링이 불가하여 주기능을 정확히 도출하지 못하면 Artifact 의 관계를 추적할 수 없으며, 제안된 Knowledge Model 은 제약 조건에 관한 지식을 반영하지 못하고 있다.

Ahn, J.C.⁴은 설계 과정에서 설계자가 인공물의 기능뿐만 아니라 제약조건을 적용할 수 있도록 설계 지식을 FBS(Function-Behavior-Structure)모델에 Constraint 를 추가하여 Part-Ontology 를 개발하였다. Part-Ontology 는 인공물을 Part, Function, Behavior, Constraint, Structure 와 같이 5 가지 최상위 개념과 하위개념들을 이용하여 표현하고 Part 와 다른 개념들간의 관계를 모델링한 것으로 해당 설계 지식을 저장하고 추론을 통해 지식을 제공할 수 있는 기반을 제공한다. 설계자는 추론을 통해 인공물의 Function 과 Constraint 에 대한 지식을 획득할 수 있으며 제품의 Structure 에 관한 정보도 획득이 가능하다. 하지만, 실제 설계에서 요구되는 지식을 제공하기 위해서는 경험적 인과관계에 있는 설계 지식을 추론할 수 있는 추론방법이 필요하다.

3. 접근방법

사출 금형 설계 지식은 공유와 재사용이 가능한 형태로 저장하기 위해 Part-Ontology 를 이용하여 온톨로지로 모델링한다. 온톨로지로 구축된 설계 지식으로부터 필요한 지식을 획득하기 위한 방법으로 온톨로지의 Subsumption 과 Realization 을 파악할 수 있는 TBox 추론과 ABox 추론을 이용할 수 있다. 하지만 실제 인과관계에 있는 설계 지식을 제공하기 위해서는 TBox 와 Abox 의 추론이 복합적으로 요구되며 이를 위해 규칙을 이용한 추론방법이 필요하다. 따라서, 설계 과정에서 요구되는 지식과 조건을 정리한 다음 이를 바탕으로 구축된 온톨로지서 개념들의 인과관계를 분석하여 규칙을 작성한다. 추론을 위한 규칙은 SWRL 로 작성되며 조건부와 결론부로 구성된다. 설계 지식을 획득하기 위한 추론 메커니즘은 SWRL 규칙을 추론엔진으로 저장하고 추론을 실행하면 규칙의 조건부에 정의되어 있는 Part-Ontology 의 Tbox 와 Abox 인과관계가 성립하는 경우 규칙의 결론을 유도하여 새로운 지식을 추론한다.

규칙을 이용하여 설계 조건에 대해 인과관계에 있는 지식을 추론함으로써 온톨로지를 이용하여 표현할 수 있는 범위를 확장시켜 실제 설계 단계에서 요구되는 지식을 제공할 수 있다.

4. 추론기구

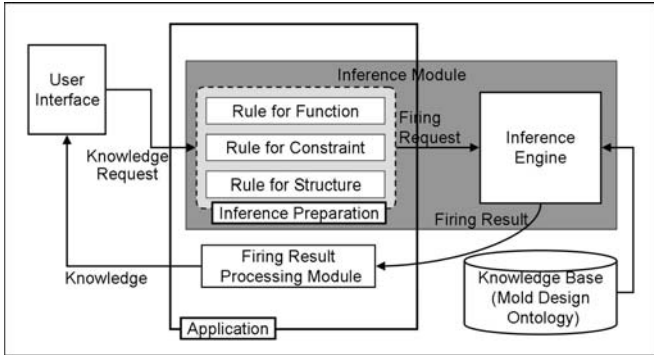


Fig.1 Structure of Knowledge Inference Application

온톨로지를 구축하기 위한 저작도구서 Protégé 를 사용하고 금형 설계지식을 Part-Ontology 에 기반하여 OWL-DL 로 모델링한다. 설계지식의 인과관계추론을 위한 규칙은 SWRL 로 모델링한다. 추론엔진으로는 OWL-DL 뿐만 아니라 SWRL 로 작성되는 규칙까지 처리할 수 있는 RacerPro (Remaned Abox and Concept Expression Reasoner Prossional)를 사용한다. RacPro 는 추론된 결과를 검색할 수 있는 자체 쿼리문법인 nRQL(new Racer Qurey Language)을 제공하여 필요한 지식을 쿼리를 통해 획득할 수 있다. RacerPro 는 TCP Socket 을 기반으로 하는 JRacer 이라는 APIs 를 제공한다. JRacer 는 자바 어플리케이션으로부터 RacerPro server 로 접속할 수 있는 클라이언트 라이브러리이다. 따라서, JRacer 를 이용하여 금형 설계 지식을 추론하고 검색할 수 있는 어플리케이션을 Java 로 구축한다.

금형 설계 지식을 추론을 통해 획득하기 위한 구조는 Fig.1 와 같이 Inference Module, Knowledge Base, Firing Result Processing Module 로 3 부분으로 구성된다. 온톨로지 베이스에는 사출 금형 설계 지식을 OWL-DL+SWRL 로 모델링하여 저장한다. OWL-DL 은 Part-Ontolgy 를 기반으로 사출 금형 설계 지식을 분석하여 표현하고 SWRL 을 이용하여 사출 금형 설계의 각 단계에서 요구되는 지식을 Part-ontology⁵ 를 기반으로 규칙을 작성하여 Inference Preparation 에 저장한다.

사용자가 설계 조건에 따라 지식을 요청하면 추론은 크게 2 단계로 이루어지며 필요에 따라 3 단계로 진행이 가능하다. 1 단계에서는 설계조건에 대한 Function 을 만족하는 Part 를 추론하고 2 단계에서는 설계조건을 바탕으로 Part 에 대한 Constraint 를 추론한다. 설계자는 2 단계 추론의 결과를 확인하고 1 단계의 결과에 대해 선택을 한다. 1 단계와 2 단계는 금형 설계 지식 온톨로지(Part-Ontology)의 Tbox 와 Abox 의 인과관계에 있는 지식을 추론하는 것으로 SWRL 로 표현된 규칙을 이용한 Tbox 와 Abox 관계 추론이다. 3 단계는 선택사항으로 선택한 부품의 구조나 수식 등을 추론할 수 있는 단계이다. 이전 단계에서 결정된 부품에 대해서 금형 설계 지식 온톨로지서 Structure 의 Tbox 와 Abox 의 Subsumption 과 Realization 을 추론하여 필요한 지식을 획득한다. 추론의 결과는 가공을 통해 설계자에게 제공된다.

다음은 대면적 도광관을 위한 사출 금형 설계에서 게이트 설계 단계에서 추론과정 과 그 결과를 나타낸 것이다. 추론규칙을 작성하기 위한 설계조건은 Table 1 과 같다. 추론 조건에 따른 SWRL 규칙과 그 결과는 Table 2 와 같다. Rule 1 과 Rule 2 는 1 단계 추론으로 두 개의 조건을 만족하는 게이트는 Film Gate, Fan Gate 임을 알 수 있으며 2 단계인 Rule 3 의 결과로 1 단계에서의 결과가 유효함을 알 수 있다. 3 단계는 필요하다면 이전 단계에서 획득한 Gate Type 구조, 수식 등을 추론할 수 있다. 각 사출 금형 설계의 각 단계에서 위와 같은 추론의 단계를 거쳐 설계 조건에 해당

하는 기능을 수행하는 금형 부품 설계 관한 지식을 지원받을 수 있다.

Table 1 Inference Condition

추론조건	
Condition 1	투명제품은 제품의 외관불량이 생기지 않아야 한다.(Gate 의 Function)
Condition 2	얇은 두께의 면적인 넓은 제품은 Flow 마크가 생기기 쉽다. 따라서 Flow Mark 를 방지하는 Gate 가 필요하다.(Gate 의 Function)
Condition 3	Gate Type 은 제품의 두께와 투명면적과 같은 요소의 제약을 받는다.(Gate 의 Constraint)

Table 2 Rule for Inference and Inference Result

추론 1 단계	
Rule 1	HasFunction(?x, ?y) ∧ Gate(?x) ∧ Prevent Gate Mark(?y) → Has PreventGateMark(?x, ?y) Gate 의 기능 중에서 Gate Mark 를 방지하는 기능을 가진 Gate 를 추론하는 Rule
Result 1	Gate 마크를 방지하는 Gate 로 Side Gate, Film Gate, Fan Gate, Tunnel Gate 를 얻는다
Rule 2	HasFunction(?x, ?y) ∧ Gate(?x) ∧ PreventFlow Mark(?y) → HasPreventFlowMark(?x, ?y) Gate 의 기능 중에서 Flow 마크를 방지하는 기능을 가진 Gate 를 추론하는 Rule
Result 2	Flow 마크를 방지하는 Gate 로 Film Gate, Fan Gate 를 얻는다.
추론 2 단계	
Rule 3	HasConstraint(?x, ?y) ∧ Gate(?x) ∧ Gate External FactorConstraint(?y) → HasGateExternalFact Constraint For ProductGeometry(?x, ?y) Gate 의 외부적 요소에 의한 제약조건에서 제품의 Geometry 에 대한 제약조건을 추론하는 Rule
Result 3	Fan_Gate_tickness_over_5mm_wide_under_150mm (제품에 대한 FanGate 의 제약조건, 두께는 5mm 이상 게이트부분의 길이는 150mm 이하) Film_Gate_tickness_under_5mm_wide_over_150mm(제품에 대한 FilmGate 의 제약조건, 두께는 5mm 이하 게이트부분의 길이는 150mm 이상)

5. 결론

사출 금형 설계 지식 온톨로지서 규칙을 이용한 인과 관계 추론을 통해 금형 부품의 기능과 제약조건에 대한 경험적 설계 지식을 설계자에게 제공할 수 있다. 따라서, 기능과 함께 속성, 형상과 같은 제약조건을 제공함으로써 다양한 설계조건을 반영한 사출 금형 설계가 가능하다.

후기

본 연구는 산업자원부 핵심연구개발사업 “대면적 미세형상의 초정밀/지능화 시스템 가공 원천 기술 개발” 과제 수행의 일환으로 이루어진 것임을 밝히며, 지원 기관에 감사드립니다.

참고문헌

- Gruber, T., “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications”, Knowledge Acquisition Journal, 3, 199-220,1993
- Mizoguchi, R., “Ontology-based systematization of functional knowledge”, Journal of engineering Design, 15, 327-351, 2004
- Szykman, S., Sriram, R., Bochenek, C., Racz, J., Senfaute, J., "Design Repositories: Engineering Design's New Knowledge Base," IEEE Intelligent Systems, 48 - 55, 2000.
- Ahn, J.C., Kang, M., “A Study on the Object Ontology for Design Knowledge Representation”, KSPE Autumn Annual Conference, 798-803, 2005