

설계저장소에서의 지식 추론 사례

*엄광호¹, 강무진²

¹성균관대학교 대학원, ²성균관대학교 기계공학부

Case Study of Knowledge Inference in a Design Repository

*K. H. Eum¹, M. Kang²

¹ Graduate School., Sungkyunkwan Univ., ² Dept. of Mech. Eng. Sungkyunkwan Univ.

Key words : Ontology, Inference, OWL-DL, SWRL, Design Repository

1. 서론

설계 저장소는 다양한 형태의 설계 지식을 표현하여 저장하고 추론을 통해 설계에서의 의사 결정을 지원하는 것을 목표로 한다. 이에 시멘틱 웹을 구축하는데 필수적으로 이용되는 온톨로지는 인간이 가지고 있는 지식을 인간과 컴퓨터가 동시에 이해 가능한 형태로 표현하여 지식의 공유와 재사용이 가능하게 한다는 점 설계 저장소에 저장될 지식의 표현에 유용하게 이용할 수 있다. 온톨로지는 지식을 클래스와 인스턴스로 구성하고 그들 간의 기능이나 관계를 공리를 통해 규정함으로써 컴퓨터와 인간이 동시에 이해 가능한 형태로 개념화하는 것이다. 온톨로지를 이용하여 지식베이스를 구축하면 지식베이스의 일관성을 유지할 수 있고 특정하게 명시되지 않은 지식을 유추하는 추론 메커니즘의 사용이 가능하며 이로 인해 지식의 재사용이나 검색이 용이하다는 장점을 가지고 있다.

지식을 표현하기 위해 온톨로지 언어를 선택하고 이용해야 하는데 이에 지식의 표현력과 추론성능 사이에서의 적절한 합의점이 필요하다. 지식의 표현력만을 높이면 추론의 결과를 보장할 수 없고, 완벽한 추론만을 고려한다면 지식의 표현력에 많은 제약울 둘 수밖에 없다. 따라서, 표현력이 완벽하지 않지만 적절한 표현 방법이 존재하고 표현된 지식을 실제 사용함에 추론이 가능한 언어 체계를 사용해야 한다. 온톨로지를 구현하기 위한 언어로서 RDF, RDF-S, DAML+OIL 이 개발되어 왔으며 최근에 W3C 에서 제안한 OWL(Ontology Web Language)등이 있다. 온톨로지는 지식을 표현하는 데 있어 서술논리(Description Logic)에 기반을 두고 있으며 온톨로지 언어들도 기본적으로 서술논리에 기반을 두고 있다.

서술논리를 기반으로 하고 있는 OWL-DL 은 설계 지식을 표현하는 데 있어 적절한 표현력과 추론능력을 제공한다. 설계 저장소 구현하기 위해 설계 지식을 OWL-DL 을 이용하여 표현한다. 하지만 OWL-DL 만으로는 모든 설계 지식을 표현하는데 충분하지 않다. 이는 SWRL(Semantic Web Rule Language)을 이용하여 OWL-DL 의 표현력을 확장함으로써 보다 많은 설계 지식을 표현이 가능하다. 이는 OWL-DL 과 SWRL 로 표현된 지식을 추론함으로써 암묵적인 지식을 명시화함으로써 설계 저장소에서 요구되는 지식의 제공이 가능하게 된다.

2. 관련 이론 및 선행연구

서술논리(Description Logic)³는 술어논리(Predicate logic)의 형태를 빌어 의미를 표현할 수 있도록 개발된 것이다. 서술논리로 구현되는 지식베이스는 크게 두 가지로 도메인의 개념 및 용어에 관한 지식을 포함하는 Tbox와 개념에 해당하는 개별주체들에 대한 선언에 관한 지식을 포함하는 Abox로 구성된다. 구현된 지식베이스는 추론을 통하여 명시적인 지식뿐만 아니라 암묵적인 지식까지 파악이 가능하다.

OWL 은 W3C에서 표준으로 제안한 온톨로지 표현언어로 XML, RDF, RDF-S, DAML+OIL보다 표현력이 강한 언어

이다. OWL¹은 OWL-Lite, OWL-DL, OWL-Full 하부 언어로 나누어진다. OWL-Full은 강력한 표현력을 제공하나, 이로 인해 추론의 완벽성을 보장하지 못하기 때문에 표현의 제약을 가지고 있는 OWL-Lite와 OWL-DL만 논리적인 추론의 완벽성을 보장한다. 하지만 OWL-Lite는 표현이 제약이 크기 때문에 복잡한 설계 지식의 표현에 적당하지 못하다. 이에 서술논리에 기반을 두고 있는 OWL-DL은 지식을 표현하는데 있어서 적절한 표현력과 추론의 가능성을 제공한다. OWL-DL은 서술논리를 기반으로 하고 있는 만큼 서술논리가 가지는 추론기능을 가지는데 기본적인 추론 기능으로 Subsumtion관계추론과 Instance check추론기능을 가진다. Subsumtion추론은 개념 간의 포함관계를 추론하는 것으로 상위개념이 하위개념을 포함하는 것을 의미한다. Instance를 추론하는 기능은 Instance가 해당 개념에 포함되어 있는지 확인하는 것이다.

설계 지식을 표현하는 데 있어서 OWL-DL의 표현 특성 상 개념에 대한 복수 속성표현을 할 수 없고 수식의 사용이 제한되어 있다. 하지만 설계 지식을 표현하기 위해서는 복수속성 표현 등은 필수 요건이라 할 수 있다. 이에 SWRL²을 이용하여 OWL-DL의 표현력을 확장하고 추론함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있다.

SWRL(Semantic Web Rule Language)은 Horn-like rules 을 포함하여 OWL 의 Axiom 을 확장하여 Horn-like rules 를 OWL 지식베이스와 통합할 수 있게 한다. SWRL 의 원소는 C(x), P(x,y), sameAs(x,y), differentFrom(x,y), builtIn(x,...)의 형태를 갖는다. C(x)는 OWL 의 Description 또는 Data range 이고, P는 OWL 의 Property 이며, r 은 built-in relation, x,y 는 변수나 OWL 의 relation 을 또는 OWL data value 이다. 실제 규칙작성시 인간이 이해 가능한 형태로 표현하는데 규칙은 전제(antecedent)와 결과(consequent)로 구성된다.

Antecedent → Consequent

전제와 결과는 OWL DL 로 표현된 원소들 즉 Class 나 Property 의 AND 결합으로 나타낸다. 이러한 문법을 이용하여, "parent 와 brother property 들의 조합은 uncle Property 를 의미한다."라는 규칙은 다음과 같이 작성할 수 있다.

HasParent(?x, ?v) ∧ HasBrother(?y, ?z) → HasUncle(?x, ?z)

작성된 규칙은 추론을 통해, 실제 인스턴스들의 관계 파악이 가능해진다.

현재 국내외에 RDF/RDFS, DAML+OIL, OWL과 같은 온톨로지 언어를 이용해 특정 도메인의 지식을 모델링 하고 Fact, Jess, JENA와 같은 추론 엔진을 이용하여 지식 검색 시스템을 구현 하려는 연구가 활발히 진행 중이다. 그 중 온톨로지 추론엔진을 이용한 미술 작품 검색시스템²은 미술작품영역의 지식을 RDF/RDFS를 이용하여 모델링하고 추론모듈로 JENA를 사용하였고 룰을 표현하기 위해서 RuleML을 이용하여 추론엔진이 제공하는 명세에 따라 룰을 작성하였다. 시스템은 RDF로 작성된 메타데이터와 추론의 결과로 나온 메타데이터를 데이터베이스에 저장하고 RDQL(RDF Data Query Language)라는 RDF 메타데이터 질의 언어를 사용하여 결과를 검색한다.

3. 금형설계 지식표현 및 추론

금형 설계 부품에 관한 지식을 Protégé 를 이용하여 OWL-DL 로 모델링 하고 Protégé 의 SWRL Tab 를 이용하여 규칙을 작성한다. OWL-DL 모델링에서 기본 금형 부품 온톨로지 모델은 모든 금형 부품(Part) 기본적으로 기능(Function), 거동(Behavior), 구조(Structure), 제약조건(Constraint), 다른 부품을 가진다는 속성을 표현한다. 부품을 비롯한 기능, 속성들은 클래스에 해당하는 것으로 각각의 클래스와 하위 클래스 설정 시 기술논리를 적용하여 표현한다. 온톨로지 모델에서 최상위에 클래스에 표현된 속성표현은 하위 클래스에 상속된다. 즉 부품의 기능을 가진다는 속성이 표현되어 있기 때문에 부품의 하위 클래스인 게이트로는 이 속성을 상속받게 된다. 게이트의 인스턴스인 특정 게이트들은 기능의 인스턴스와 속성을 이용해 연결관계를 설정해주면 기본적인 온톨로지 모델링작업이 마치게 된다. 금형설계 과정에서 제품에서 게이트를 자동절단 해주는 게이트 설계 과정을 고찰하면 다음과 같다. 부품의 하위 클래스는 Gate 이고 인스턴스로 Tunnel Gate, SideGate 등을 표현해준다. Function 의 하위클래스 계층구조는 ControlFunction -- ControlMachainclaEffectionFunction --AutoCuttingGateFunction 로 구성되고 인스턴스로 AutoCuttingGate 를 표현해준다. 또다른 Function Class 의 하위 계층구조로 PreventFunction--PreventBadAppreanceFunction 으로 구성하고 인스턴스로 PreventGateMark 를 설정한다. 인스턴스간의 관계 설정에서는 TunneGate 가 기능으로서 PreventGateMark 와 AutoCuttingGate 를 가다고 표현하고 SidelGate 가 기능으로서 Prevent GateMark 를 가진다는 것 표현해 준다.

모델링된 지식은 기본적인 추론 기능을 이용하여 계층 구조를 파악하거나 인스턴스가 어떤 클래스에 속해 있는지를 파악할 수 있다. OWL-DL 모델링의 결과는 기본적인 금형부품 온톨로지 모델을 만족하나 사용자가 이용하기에는 그 표현력이 부족하다. 따라서, Side gate 는 외관불량을 방지하는 기능으로 PreventGateMark 기능을 가진다거나 Tunnel Gate 또한 외관불량을 방지하는 기능으로 PreventGateMaek 가지고 성형 후 Gate 가 자동 절단하는 AutoCuttingGate 기능을 포함하는 복수 속성 표현이 필요하다. 하지만, OWL DL 은 복수속성표현을 허락하지 않기 때문에 다음의 지식을 SWRL 를 이용하여 표현한다.

SWRL 은 HumanReadable Syntax 내에서 전제와 결과의 형식(Antecedent→Consequent)을 갖는다. 따라서 다음과 같은 표현으로 요구되는 지식을 표현할 수 있다.

Rule 1: Gate(?x) ^ HasFuntion(?x, ?y) ^ PreventBadAppreance Function (?y →HasPreventBadAppreanceFunction(?x, ?y)

Rule 2: Gate(?x) ^ HasFuntion(?x, ?y) ^ HasPostFunction(?y, ?z) ^ AutoCuttingGateFunction(?z) →HasAutoCuttingGateFunction (?x, ?z)

Rule1 로 표현된 지식을 추론엔진을 이용하여 추론하면 “Tunnel Gate 가 PreventGateMark 란 Function 을 가지고 PreventGateMark 란 Function 이 Prevent BadAppreance Function 의 인스턴스이면 TunnelGate 는 PreventBadAppreance Function 으로 PreventGateMark 를 가진다.”라는 표현이 가능해진다. 이러한 추론을 통하여 암묵적인 지식을 명시적으로 표현이 가능하다.

표현예제와 같이 OWL DL+SWRL 로 모델링된 금형부품 온톨로지는 논리적인 추론을 통하여 설계자에게 필요한 지식을 제공하게 된다. 구현된 OWL 파일을 Racer 로 로드하고 전방향추론을 실시하면 추론의 결과들이 저장되는데, 예제의 추론의 결과로서 게이트마크를 방지하는 기능을 가

진 게이트는 Tunnel Gate 와 Side Gate 이며 자동절단기능을 가지는 게이트는 Tunnel Gate 라는 사실이 저장된다.

설계자가 추론의 결과를 검색하고자 할 때 Racer 에서 제공하는 Query Language 인 nRQL 을 이용하여 지식을 검색할 수 있다. 외관불량을 방지하는 기능 중에서 게이트 마크를 방지하는 기능을 가지는 게이트를 검색하면 다음과 같은 결과를 볼 수 있다.

Result 1-1: (((?Gate|http://owlontology.com/unnamed.owl#Tennel Gate)?PreventBadAppreanceFunction|http://owlontology.com/unna med.owl#PreventGateMark|)

Result 1-2: (((?Gate|http://owlontology.com/unnamed.owl#SideGa te)?PreventBadAppreanceFunction|http://owlontology.com/unnam ed.owl#PreventGateMark|)



Fig. 1 Example of Inference in Racer.

검색결과와 의미는 게이트마크를 방지하는 기능을 가진 게이트는 Tunnel Gate 와 Side Gate 라는 것을 의미한다. 게이트 자동절단이 가능한 기능을 가진 게이트를 검색 하기 위해 쿼리를 실행하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

Result 2: (((?Gate|http://owlontology.com/unnamed.owl#TennelGa te)? HasAutoCuttingGateFunction |http://owlontology.com/unamed .owl#AutoCuttingGate|)

결과 2 와 같이 추론의 결과인 Tunnel Gate 가 추론의 검색됨을 알 수 있다. 이렇게 추론된 설계 지식은 각 금형 설계 단계에서 설계자가 적절한 상황에서 설계 지원을 받을 수 있다.

4. 결론

OWL-DL+SWRL 을 적용하여 금형 설계 지식 온톨로지를 모델링 하고 Racer 를 이용해 추론한 그 결과를 쿼리를 통해 검색해 본 결과로서 설계 지식을 사용자에게 제공할 수 있음을 검증하였다.

후기

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

참고문헌

1. http://www.w3.org/
2. Sangjin Han, Woosang Cho, Bogju Lee, “An Art Image Retrieval System Using Ontology Reasoning Engine,” KISS, 31, 139-141, 2004.
3. Franz B., Diego C., Deborah M.G., Daniele N., Perter P.S., “The Description Logic Handbook,” Cambridge University Press, 2003.
4. K. H. Eum, M. Kang, 2006, “Knowledge Management Methodology in Design Repository.”, KSPE, KSPE Spring Annual Conference 2006, pp73-74.