

공정 온톨로지를 이용한 기계가공 지식 추론 Inference of Machining Knowledge using Process Ontology

*#엄광호¹, 강무진², 김경하¹, 박면웅³, 김재관³

*K. Eum¹(laputa97@skku.edu), M. Kang², K. H. Kim¹, M. W. Park³, J. K. Kim³

¹ 성균관대학교 대학원, ² 성균관대학교 기계공학부, ³ 한국과학기술원

Key words : Process Knowledge, Ontology, Inference

1. 서론

공정 설계지식은 생산하고자 하는 제품 또는 부품의 형상정보와 형상가공을 위한 기계가공 지식 및 제품조립 지식과 같이 다양하고 이질적인 형태의 지식이 포함되어 있어 이를 저장하고 제공하는 것이 쉽지 않다. 따라서 지식을 통합적으로 관리하고 사용자의 요구에 따라 적절한 지식을 제공할 수 있는 방법이 요구된다.

온톨로지는 지식의 저장 및 제공에 있어 보다 향상된 결과를 제공하는 기술의 핵심으로서 개념화에 대한 명시적이고 형식적인 명세로 정의된다. ¹ 온톨로지는 Class(개념), Instance(객체), Relation(관계), Property(성질) 그리고 Axiom(공리)로 구성되며, 특히 공리는 Concept과 Property의 제약에 대한 정의로서 공리의 종류에 따른 추론 메커니즘을 이용하여 온톨로지 구축 및 온톨로지의 암묵지를 획득하는데 이용할 수 있다. 온톨로지의 저장 및 추론을 위해서는 개념화의 결과물을 컴퓨터에서 사용 가능한 형태로 표현해야 하며 표현된 형태에 따라 적절한 추론엔진을 적용하여 추론을 수행할 수 있으며, 요구되는 지식을 획득하기 위한 추론 전략이 요구된다.

OWL(Ontology Web Language)은 RDF, RDF Schema의 문제점을 개선한 온톨로지 모델링 Markup Language로 표현력이 풍부할 뿐만 아니라 적절한 추론능력을 제공한다. OWL은 OWL-Lite, DL, Full의 하위 언어로 구성되어 있으며 후자일수록 표현력이 뛰어나지만 완전한 추론이 어렵기 때문에 OWL-DL이 온톨로지를 모델링하기 위한 언어로서 적절하다. OWL-DL은 기술논리에 기반한 언어로서 기술논리에서 제공하는 추론기능과 동일한 개념의 계층구조에 대한 Subsumption check., 지식베이스의 모순을 검사할 수 있는 Consistency check, 특정 객체가 어떤 개념에 속하는지에 대한 Instance check 등을 이용하여 온톨로지 구축과정에 활용할 수 있다. 온톨로지의 개념구조와 기본적인 인스턴스를 OWL-DL을 이용해 모델링한다. SWRL(Semantic Web Rule Language)은 OWL의 공리와 Rule-ML을 통합한 언어로서 유사한 규칙을 이용하여 OWL의 표현력을 확장한 것이다. 개념화의 결과물중 공리에 대한 지식을 SWRL을 이용하여 모델링하고 추론을 통해 필요한 지식을 유도할 수 있다.

2. 공정 온톨로지 표현

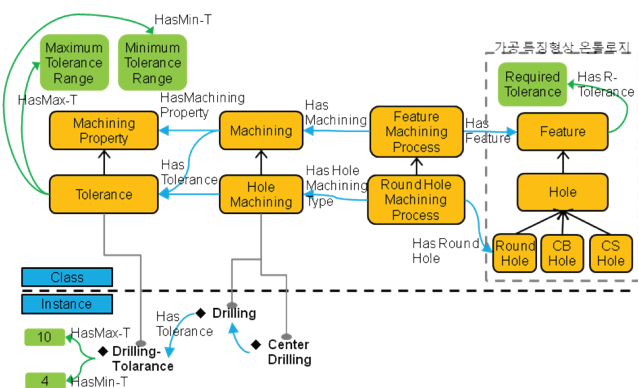


Fig. 1 Example of process ontology basic model

OWL-DL을 적용하여 공정 온톨로지를 모델링하기 위한 Tool로서 Protégé를 이용한다. Protégé는 Dig Interface를 지원하는 추론엔진과 연동하여 추론을 수행하는 것이 가능하므로 모델링 과정 중에 OWL-DL 기반 추론을 수행하여 보다 정확한 온톨로지를 구축할 수 있다.

Fig.1은 개념화의 결과물 중 공정 온톨로지의 개념간의 관계 및 계층구조를 OWL-DL로 모델링한 결과 중 일부를 표현한 것이다. 그림의 상단은 공정 온톨로지의 개념을 나타내는 Class와 상-하위 클래스간의 관계 그리고 개념간의 관계인 Property를 나타낸 것이다. Feature의 하위 클래스 중 Round Hole과 가공방법인 Machining의 하위 클래스인 Hole Machining은 Feature Machining Process의 하위 공정인 Round-Hole Process라는 공정을 결정하는 요소가 된다. 그림의 하단은 Instance를 나타낸 것으로서 Machining과 Machining Property의 인스턴스가 온톨로지의 기본 인스턴스로 모델링되어 있으며 가공방법과 특정 가공방법에 대한 성질이 표현되어 있다. 예제에서는 Drilling과 Drilling 공정으로 가공가능한 일반적인 Tolerance 범위가 성질로서 모델링되어있으며 Class의 Property에 따라 인스턴스간의 관계가 표현된다.

Table 1은 개념화 과정의 결과 중에서 OWL-DL의 표현력의 범위를 벗어난 공리를 SWRL로 표현한 것으로 Hole공정과 관련된 공리의 일부를 나타낸 것이다. Rule1은 공정의 대상 형상이 Round Hole이면 공정과 형상간의 관계가 Has Round Hole Feature가 된다는 의미이며 이를 기반으로 Rule 2는 공정 중 Has Round Hole Feature 관계를 가진 공정은 Round Hole Process가 된다는 의미이다. 이 두 가지 규칙을 통해 공정의 인스턴스가 속하는 공정 Class가 어떤 것인지 유도할 수 있다. Rule 3은 Hole공정 인스턴스와 관련된 Hole의 공차가 Hole-Machining의 성질 중 가공 가능한 공차 범위에 해당하면 이에 대한 Hole Machining 인스턴스가 Hole공정에 대한 가공방법으로 선언된다는 의미이다. Rule 4는 Hole공정의 대상형상인 Hole의 Part Condition이 주물이 아니라는 의미인 Non Casting이면 Hole공정의 가공방법으로 Center Drilling이 선언된다는 의미이다.

Table 1 Example of SWRL modeling for axiom

Rule-No	Description
Rule-1	Feature_Process(?x1) ∧ HasFeature(?x1, ?x2) ∧ Round_Hole(?x2) → HasRoundHoleFeature(?x1, ?x2)
Rule-2	Feature_Process(?x1) ∧ HasRoundHoleFeature(?x1, ?x2) → Hole-Process(?x1)
Rule-3	Hole-Process(?x1) ∧ HasRoundHoleFeature(?x1, ?x2) ∧ Tolerance(?x2, ?x3) ∧ Drilling(?z1) ∧ MinRangeOfTolerance(?z1, ?z2) ∧ MaxRangeOfTolerance(?z1, ?z3) ∧ swrlb:lessThan OrEqual(?x3, ?z3) ∧ swrlb:greaterThan OrEqual(?x3, ?z2) → HasHoleMachiningType(?x1, ?z1)
Rule-4	Hole Process(?x1) ∧ HasFeature(?x1, ?x2) ∧ HasPartCondition(?z1, ?x3) ∧ sameAs(?x3, NonCasting) → HasHoleMachiningType(?x1, Center Drilling)

3. 공정 온톨로지 추론 및 활용

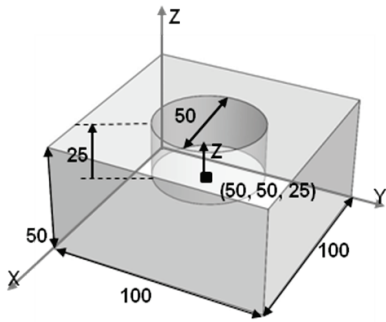


Fig. 2 Example of flat bottom round-hole feature

온톨로지 추론을 위해 상용 추론엔진인 RacerPro 를 이용하였다. RacerPro 는 Dig Interface 을 지원하므로 온톨로지 표현과정에서 Protégé 와 연동하여 기술논리가 제공하는 추론능력을 이용하여 온톨로지 모델링에 활용할 수 있다.

OWL-DL 에 기반하여 SWRL 로 모델링된 공정 온톨로지의 추론은 공리의 정의에 따라 선언되는 인스턴스에 관한 추론이다. 추론 과정은 다음과 같은 순서로 진행된다. 1 단계에서 제품설계 과정에서 결정되는 가공특징형상에 대한 기하학적 정보와 Tolerance, Casting 여부와 같은 형상의 가공조건들을 형상 온톨로지 영역의 인스턴스로 모델링한다. 2 단계로 모델링된 형상의 인스턴스 수량만큼 Feature Machining Process 의 인스턴스를 생성하고 형상 인스턴스와 Has feature 관계를 설정한다. 3 단계에서는 SWRL 로 표현된 규칙을 특정 순서에 따라 추론을 수행한다.

그림 2 는 추론을 위한 형상의 예제로서 직육면체의 원재료에 바닥이 막혀 있는 구멍을 포함하는 형상의 솔리드 모델을 나타낸 것이다. 형상설계 조건으로 Tolerance 는 5 이며, 형상의 주물여부를 나타내는 Part Condition 은 주물처리가 되지 않은 원재료의 의미로서 Non Casting 이 된다.

Fig 3 은 예제에 대한 온톨로지 모델링으로 형상에 기반한 공정개념 및 관계에 대한 추론 결과를 나타낸 것이다. 예제에 대한 인스턴스로 Round Hole 1 을 정의하고 이에 대한 가공 조건 및 기하학적 정보가 같이 모델링 되지만 그림에서는 주물여부(NonCasting)와 Tolerance(5) 정보만 인스턴스로 표현하였다. 그리고 Round Hole 1 에 대한 공정인 Process1 을 Feature Machining Process Class 에 선언하고 Round Hole 1 과 Has Feature 의 관계를 정의하였다. Table 1 의 Rule 1 과 2 를 추론하면 Process 1 과 Round Hole 1 사이의 관계가 Has Round Hole 로 유도되고, Process 1 은 Round Hole Process 로 선언된다. Rule 3 에 따라 대상 Hole 에 요구되는 Tolerance 가 Fig.1 의 HoleMachining 에서 Drilling 의 Tolerance 범위를 만족하므로 Round Hole 1 의 가공방법으로 Drilling 이 선언된다. Fig.4 은 전체 추론결과를 RacerPro 에서 나타낸 것으로 Process1 의 대상형상은 Round Hole 1 이며 가공방법으로 Drilling 이 추론의 결과로 유도됨을 알 수 있다.

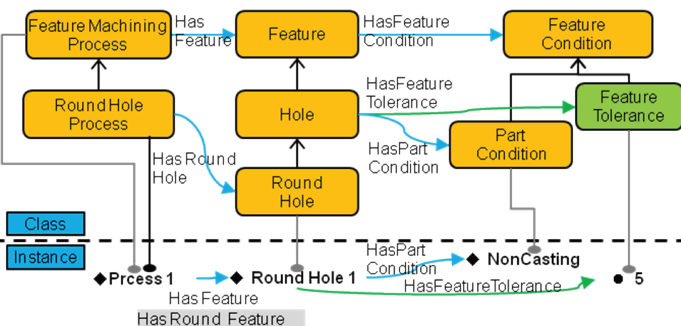


Fig. 3 Round-hole modeling and result of Inference about

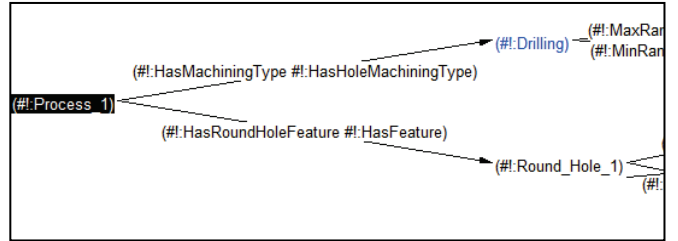


Fig. 4 Graphical Instance representation of hole process inference result in RacerPro

Rule 4 는 SWRL 규칙의 구성요소 중에서 변수대신 실제 인스턴스를 직접 사용한 것이다. SWRL 의 문법상에는 문제가 없지만 RacerPro 에서는 이러한 형태의 규칙 추론을 허용하지 않아 결과에 오류가 발생한다. 따라서, 이러한 형태의 규칙 추론을 위해 Jess(Java Expert System Shell)을 이용하였다. Jess 는 자바기반의 Rete 알고리즘을 이용한 규칙기반 추론엔진으로 OWL 및 SWRL 를 Jess 에서 이용 가능한 형태로 변환하여 추론을 수행하였다. 예제에서 Hole 의 주물여부가 NonCasting 으로 추론의 결과는 Process 1 의 가공방법으로 Center Drilling 이 유도된다.

최종적으로 Round Hole 1 에 대한 공정으로 Process 1 이 유도 되었고 형상의 조건에 따라 Process 1 을 구성하는 가공방법으로 Center Drilling 과 Drilling 이 유도 되었다. Fig.1 에 표현된 것과 같이 Center Drilling 과 Drilling 사이에 Precedence 가 모델링 되어 있어 도출된 공정의 가공방법간의 선행관계를 확인할 수 있다. Table 2 는 추론의 결과를 저장한 후 Round Hole1 에 대한 공정을 검색하기 위한 쿼리의 예를 나타낸 것이다. 쿼리는 먼저 검색하고자 하는 형상에 대한 공정을 검색하고, 공정을 구성하는 가공 방법을 찾은 다음 가공방법간의 선행관계를 확인한다.

Table 2 Example of query for round hole feature

Query-No	Description for Query
Result-No	Description for Query Result
Query-1	(retrieve (?x ?y) (?x ?y) #Round Hole 1 http://www.owlontologies.com/PrecessOntology1.owl #HasRoundHoleFeature))
Result-1	((?x #! :Process 1) (?y #! :Round Hole 1))
Query-2	(retrieve (?x ?y) (?Process1 ?y) http://www.owlontologies.com/PrecessOntology1.owl #HasHoleMachiningType))
Result-2	((?x #! :Process 1) (?y #! :Drilling)) (?x #! :Process 1) (?y #! :Center Drilling))
Query-3	(retrieve (?x ?y) (?x ?y) http://www.owlontologies.com/PrecessOntology1.owl #HasPrecedence))
Result-3	((?x #! :Drilling) (?y #! :Center Drilling))

4. 고찰

공정 온톨로지를 이용한 추론을 통해 형상조건에 대한 적절한 가공방법을 획득할 수 있음을 검증할 수 있었다. 하지만 추론엔진의 지원 범위에 따라 사용 가능한 규칙 표현방법이 제한될 수 있어 향후 추론의 특성을 반영하여 적절한 규칙 표현방법에 대한 연구가 요구된다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 “맞춤 보급형제조실행(c-MES) 플랫폼 기술 개발” 과제 수행의 일환으로 이루어진 것임을 밝히며, 지원기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. Gruber, T., “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications”, Knowledge Acquisition Journal, 3, 199-220,1993