

온톨로지 통합을 지원하기 위한 MDA 기반의 온톨로지 아키텍처에 관한 연구¹⁾

An MDA-based Ontology Architecture to Support Integration of Ontologies

이정수*, 채희권*, 김광수*, 김철한**

* 포항공과대학교 산업경영공학과 ({jsrhyne,hkchae,kskim}@postech.ac.kr)

** 대전대학교 정보시스템공학과 (chkim@dju.ac.kr)

Abstract

온톨로지는 사람들 간의 정확한 의사소통을 가능하게 하고 시스템 사이의 상호운용성을 달성하기 위한 도구로서 다양한 분야에서 많은 기대를 받고 있는 기술이다. 온톨로지의 구축은 기존 온톨로지들 간의 통합을 통해 더욱 효율적으로 이루어질 수 있다. 그러나 기존 온톨로지들이 표현 언어, 대상 도메인, 온톨로지 구성요소 등의 측면에서 다양한 형태와 특성을 가지므로, 온톨로지 통합이 이루어지기 위해서는 온톨로지들 간의 상호운용성의 확보가 필수적이다. 본 논문에서는 온톨로지를 분류하는 체계적인 프레임워크의 제공을 통해 온톨로지들 간의 상호운용성 확보를 지원하는 온톨로지 아키텍처를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 온톨로지 아키텍처는 온톨로지를 바라보는 3가지 관점에 따라 MDA에 기반한 온톨로지 표현 분류축, 시맨틱 도메인 분류축, 온톨로지 구성요소 분류축의 3개 분류축으로 이루어져 있으며, MDA의 4계층 메타모델링을 문법적인 기반으로 하고 있다. 온톨로지 아키텍처의 3개의 분류축은 온톨로지들 간의 문법적인 상호운용성과 의미적인 상호운용성을 향상시키기 위해 조화롭게 설계됨으로써 온톨로지 통합이 유연하게 이루어지도록 지원한다.

1. 서론

시맨틱 웹이 웹 진화의 다음 단계로서 대두되고 있는 가운데, 시맨틱 웹의 구현 기술로서 온톨로지(ontology) 또한 다시 주목받게 되었다. 온톨로지는 특정한 관점에서 정의되거나 기술되어 관련 당사자들 간에 공유되는 어휘들로 이루어진다. 그러므로 온톨로지는 잘 정의되고 모호하지 않은 방법으로 용어의 의미를 특정하는 도구로서 사용될 수 있다 [8]. 그러한 측면에서 온톨로지가 만들어지는 목적은 1)사람들 사이에 정확하고 모호하지 않은 의사소통을 돕고, 2)시스템들 간의 상호운용성을 달성하며, 3)시스템의 설계와 품질을 향상시키는 것 등의 3가지로 나타낼 수 있다[14]. 그러나 일반적으로 1)

과 2)의 사항이 주요 목적으로 받아들여지고 있다.

온톨로지가 특정 도메인 내 혹은 이종 도메인 간의 의사소통과 상호운용성 달성의 목적으로 사용된다는 것은 하나의 공통적인 온톨로지가 존재하고 모든 참여자들이 이를 공유하여 사용하는 것을 의미한다. 현재 엔터프라이즈 모델링 분야, 생명 과학 분야, 의학 분야 등과 같이 다양한 분야에서 해당 도메인을 위한 표준화된 온톨로지를 생성하고자 노력하고 있다[12][29][30]. 이처럼 특정 도메인 내의 의사소통과 상호운용성을 위해서는 기존의 표준 온톨로지의 활용을 활용할 수 있으나, 이종 도메인 간의 협력을 위해서는 새로운 온톨로지의 생성이 필수적으로 수반되어야 한다. 그리고 새로운 온톨로지의 생성은 기존 온톨로지들 간의 통합을 통해서 시간, 비용, 노력 측면에서 더욱 효율적으로 이루어질 수 있다[19]. 이는 목적 확인, 온톨로지 개념 추출, 온톨로지 표현 및 코딩(coding), 기존 온톨로지 통합, 평가, 문서화의 절차로 이루어진 일반적인 온톨로지 생성과정을 통해서도 확인할 수 있다[32].

온톨로지의 통합은 기존 온톨로지들 중에서 후보 온톨로지를 선별하고, 후보 온톨로지들을 평가하며, 실제 통합 과정을 수행하는 등의 단계들을 포함한다[25]. 그러나 온톨로지는 실세계의 어느 분야도 그 대상 도메인으로 할 수 있으므로, 필연적으로 다양한 특성과 형태를 가지게 된다. 따라서 위와 같은 온톨로지 통합 과정들을 수행하기 위해서는 다양한 온톨로지들 간의 호환성 및 상호운용성이 전제되어야 한다. 이를 위해서 기존 온톨로지들에 대해 평가할 수 있는 분류 기준과 그 기준에 따른 계층화가 필요하다. 기존의 많은 연구들이 온톨로지를 바라보는 관점에 따라 다양한 분류법을 제시하고 있지만, 대부분의 연구들은 하나의 관점에 따른 부분적인 분류법만을 제시하고 있을 뿐, 다양한 관점을 하나로 통합하는 전체적인 방법론은 제시되지 않고 있는 실정이다. 부분적이고 단편적인 분류법만으로는 온톨로지 통합을 위해 고려되어야 하는 다양한 측면의 상호운용성 달성이 불가능하므로, 온톨로지 통합 과정의 불완전성을 초래하게 되며 통합된 온톨로지에 있어서 의도하지 않은 결과를 초래할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 온톨로지들 간의 통합이 유연하고 정확하게 이루어지도록 하기 위해 온톨로

1) 본 논문은 한국과학재단이 지원하는 특정기초연구사업에 의해서 수행되었음(R01-2003-000-10171-0)

지와 그 구축 시 고려하여야 하는 대표적인 3가지 측면을 체계적으로 나타낸 온톨로지 아키텍처를 제시하고자 한다. 본 논문의 온톨로지 아키텍처가 포함하는 3개의 분류축은 다음과 같다.

- 온톨로지 표현 언어 측면: 온톨로지 표현 관점에 따른 분류계층을 통하여 온톨로지의 재사용성과 문법적인 측면의 상호운용성 확보를 실현하기 위한 축
- 온톨로지 적용 도메인 측면: 도메인의 범위에 관한 분류계층을 제시하여 온톨로지 자체의 상호운용성 확보를 실현하기 위한 축
- 온톨로지 구조 측면: 온톨로지의 구성요소에 따른 분류계층을 제시하여 구성요소들 간의 상호운용성 확보를 실현하기 위한 축

본 논문의 2장에서는 위의 3가지 축을 이루는 분류법들을 소개하며, 3장에서는 이러한 3가지 축을 통합한 전체적인 온톨로지 아키텍처를 제시하고 설명한다. 4장에서는 온톨로지 아키텍처 적용의 예시로서 온톨로지 아키텍처에 기반하여 온톨로지를 구축하는 절차와 온톨로지 사용자 간의 상호운용성을 확보하는 절차를 설명한다. 5장에서는 관련 연구들을 간략히 소개하며, 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

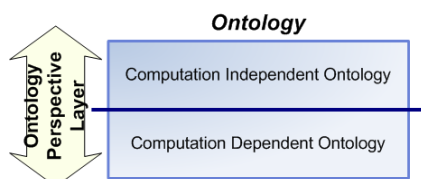
2. 3가지의 분류법

이 장에서는 본 논문에서 제시하는 온톨로지 아키텍처의 각 축이 되는 온톨로지 분류법들을 소개한다.

2.1 MDA 기반의 온톨로지 표현 관점에 따른 분류

모델 주도형 아키텍처(MDA: Model Driven Architecture)[20]는 Object Management Group(OMG)에서 제안한 소프트웨어 개발 프레임워크로서, Unified Modeling Language(UML)[22] 등에 기반한 모델링 기술을 통해 컴포넌트 기반 혹은 서비스 기반의 소프트웨어 시스템 개발을 지원한다[24]. MDA는 추상화 단계의 측면에서 소프트웨어 시스템을 바라보는 3가지의 관점을 정의하며, 선택된 관점에서 주어진 시스템의 모델이 각각 정의된다[6]. 그 3가지 관점은 컴퓨테이션 독립 모델(Computation Independent Model, CIM) 관점, 플랫폼 독립 모델(Platform Independent Model, PIM) 관점, 플랫폼 종속 모델(Platform Specific Model, PSM) 관점이다. 이처럼 별도의 관점으로 모델링을 분리함으로써 MDA는 모델의 재사용성을 높이고 변화 요소를 신속히 반영한 개발을 가능하게 한다.

본 논문에서도 MDA의 관점별 모델링 계층화를 도입하여 다음 [그림 1]과 같이 2개의 계층으로 이루어진 온톨로지 표현 관점에 따른 분류를 하나의 축으로 채택한다.



[그림 1] 온톨로지 표현 관점에 따른 분류

컴퓨테이션 독립 온톨로지(computation independent ontology)는 시스템들 간의 상호운용 목적보다는 사람들 사이의 의사소통을 향상시키기 위한 목적을 위한 온톨로지로서, 반드시 컴퓨터로 처리 가능한 형태보다는 사람에 의해 이해가 쉬운 형태의 온톨로지를 의미한다. 따라서 주로 UML과 Object Role Modeling(ORM)[10]과 같이 다이어그램 형태의 모델링 언어를 이용하게 되며, 스키마(scheme) 단계의 온톨로지를 표현하게 된다. 컴퓨테이션 종속 온톨로지(computation dependent ontology)는 이와 반대로 시스템들 간의 상호운용을 위한 목적의 온톨로지이며 컴퓨터로 처리 가능한 형태의 온톨로지를 의미한다. 따라서 주로 Web Ontology Language(OWL)[34]와 같이 XML 기반의 온톨로지 언어를 이용하게 된다. MDA의 PIM과 PSM의 관계와 같이 하나의 컴퓨테이션 독립 온톨로지에 대해 목적에 따라 여러 형태의 컴퓨테이션 종속 온톨로지가 존재할 수 있으며, 이는 온톨로지의 재사용성과 변화 대응에 이점을 제공할 수 있다.

그러나 이와 같은 모델의 분리를 지원하기 위해서는 두 형태의 모델들 사이에 유연한 변환 관계가 필요하다. MDA는 PIM과 PSM 사이의 변환 관계를 지원하기 위해 모델과 모델링 언어들을 체계적인 계층으로 분류하여 접근하는 메타모델링에 기반하고 있다. MDA는 기본적으로 4계층의 메타모델링 아키텍처를 가정하며, 가장 상위의 계층은 메타-메타-모델(M3) 계층이다. M3 계층은 두번째 계층인 메타-모델(M2) 계층의 언어들을 정의하기 위한 자기정의적(self-defined)인 언어를 의미한다[2]. 다음 계층인 M2 계층에 포함되는 메타모델들은 '모델링 언어의 모델'이라 일컬어지며[26], 모델링 언어 자체와 그 올바른 사용법에 대한 정의를 의미한다. 모델(M1) 계층은 시스템에 대한 실제 모델들을 포함하는 계층으로서, UML을 메타모델로 가정할 경우 개별적인 UML 클래스 모델 등이 이 계층에 포함된다. 마지막 계층인 M0 계층은 인스턴스 계층으로서, 이 계층을 설명하는 접근법은 다음과 같은 2가지가 존재한다[2].

- 실제계에 존재하는 사물 혹은 개념을 인스턴스로 보고 이들을 포함하는 계층으로 설명하는 접근법
- 프로그래밍 언어에서의 객체와 같이, M1 계층에서 정의된 개념에 대한 인스턴스를 포함하는 계층으로 설명하는 접근법

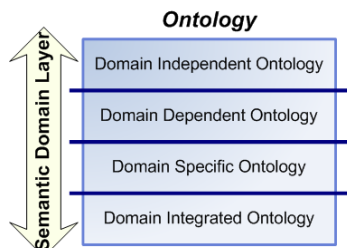
MDA의 4계층 메타모델링 아키텍처는 이종 모델링 언어들 간의 상호운용성을 견고하게 보장해준다. 온톨로지와 온톨로지에 대한 메타모델인 온톨로지 표현 언어의 관계에도 MDA의 메타모델링 아키텍처는 직접적으로 적용될 수 있으며, 온톨로지 언어들 간의 상호운용성 확보를 가능하게 한다. 이에 따라, 온톨로지 분야에 대해 위와 같은 MDA의 메타모델링 아키텍처를 도입하여 온톨로지와 온톨로지 언어를 분류하고 관리하려는 연구가 많이 수행되어 왔으며[5][6][11], OMG에서도 메타모델링 아키텍처에 기반한 온톨로지 메타모델의 정의를 위한 움직임을 보이고 있다[21]. 본 논문에서도 MDA의 4계층 메타모델링 아키텍처를 도입하여, 컴퓨테이션 독립 온톨로지와 컴퓨테이션 종속 온톨로지 간, 혹은 컴퓨테이션 독립 온톨로지들 간 및 컴퓨테이션 종속 온톨로지들 간의 변환 관계를 지원할 것을 제안한다.

2.2 시맨틱 도메인에 따른 분류

시맨틱 도메인에 따른 온톨로지의 분류법은 온톨로지들 간의 통합을 위한 상위 온톨로지(upper ontology)에 대한 필요로부터 시작되었다. 온톨로지가 정보에 의미를 부여하기 위한 도구로서 사용되고, 각 도메인 온톨로지는 한정된 범위의 도메인을 대상으로 만들어진다. 그러므로 정확한 의미 전달을 위해서, 서로 다른 대상 도메인을 가지는 온톨로지들 간의 연결, 즉 개념과 관계들을 통한 매핑 관계가 온톨로지의 이용에 있어 매우 중요한 요소이다. 이중 온톨로지 간의 연결을 위한 하나의 접근 방법은 개별 도메인 온톨로지를 구축하는 데 사용되는 기본 용어들을 대상으로 표준 상위 온톨로지를 구축하고 이를 이용하는 것이다[16]. 상위 온톨로지는 실세계를 구성하고 있는 모든 것을 대상으로 하지만 그 중 가장 일반적인 목적의 용어들에 대한 정의만을 포함한다[18]. 따라서 더욱 특화된 도메인 온톨로지를 구축하는데 기반으로 사용되어 그들 간의 상호운용성을 높이는 것이 상위 온톨로지의 대표적인 목적 중의 하나이다[17]. 현재 연구 및 개발되고 있는 상위 온톨로지는 Suggested Upper Merged Ontology(SUMO)[28], Upper Cyc Ontology[23], a Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering(DOLCE)[1] 등이 있다.

상위 온톨로지에 관한 연구와는 별도로, 더욱 직접적으로 온톨로지 간 상호운용성과 온톨로지 공유를 지원하기 위한 방법론으로 전역 온톨로지(global ontology)의 구축에 관한 연구가 존재한다[15]. 이는 서로 다른 도메인에 속하고 서로 다른 온톨로지를 이용하는 사용자들 간의 협력을 위해 일시적인 온톨로지 공유가 필요할 경우, 상이한 온톨로지들 간의 매핑 및 통합을 통한 하나의 공유 온톨로지를 구축하는 방법론이다.

본 연구에서는 상위 온톨로지의 개념과 전역 온톨로지의 개념을 확장하여, 온톨로지를 다음 [그림 2]와 같이 4개의 시맨틱 도메인 계층으로 나누어 분류한다.



[그림 2] 시맨틱 도메인에 따른 온톨로지의 분류

도메인 독립 온톨로지(domain independent ontology)는 상위 온톨로지과 같은 개념으로, 도메인 종속 온톨로지(domain dependent ontology)와 도메인 특화 온톨로지(domain specific ontology)의 구축에 사용되는 기본 개념과 관계를 제공한다. 다시 말해, 도메인 종속 온톨로지와 도메인 특화 온톨로지는 도메인 독립 온톨로지를 확장하여 구축된다. 도메인 독립 온톨로지를 구성하는 개념과 관계는 넓고 다양한 영역의 도메인을 지원하기 위해 기본적으로 보편적이어야 한다. 따라서 도메인 독립 온톨로지의 개념과 관계는 포괄적이고, 추상적이며, 철학적인 것에 국한된다[27].

도메인 종속 온톨로지는 도메인 독립 온톨로지

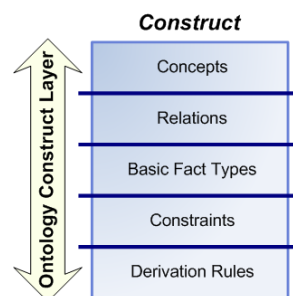
와 도메인 특화 온톨로지 간의 가교 역할을 하며, 하위 계층의 온톨로지들에 대해 표준을 제공하는 참조 온톨로지의 역할을 한다. 즉, 도메인 독립 온톨로지에 속하는 개념과 관계들보다 더욱 구체적인 개념들을 포함하면서, 도메인 특화 온톨로지들 간의 연결 관계에 있어 도메인 독립 온톨로지와 함께 기본 용어들에 대한 의미를 제공한다. 다만, 도메인 독립 온톨로지가 모든 도메인에 대한 지원이 필수적인 반면에, 도메인 종속 온톨로지는 반드시 모든 도메인을 지원할 필요가 없다.

도메인 특화 온톨로지는 도메인 독립 온톨로지 및 도메인 종속 온톨로지를 확장하여, 한정된 범위의 특정 도메인 영역에서 직접적으로 사용될 것을 목적으로 구축되는 온톨로지이다. 잘 정의된 상위 계층의 온톨로지들을 재사용함으로써 도메인 특화 온톨로지는 더욱 견고하게 정의된 의미를 가지게 되며, 공통의 상위 계층 온톨로지를 통한 의미 공유를 통해 다른 온톨로지와의 상호운용성이 향상된다.

도메인 통합 온톨로지(domain integrated ontology)는 앞서 설명한 전역 온톨로지과 같은 개념으로, 도메인 특화 온톨로지들 사이의 견고한 의미 공유를 넘어, 사용자들 사이의 완전한 상호운용성의 보장을 위해 한정된 범위 내의 도메인 특화 온톨로지들을 결합하여 만들어지는 온톨로지이다. 즉, 도메인 종속 온톨로지서 정의된 기본 용어들에 대한 정의들과 더불어 통합 대상인 개별 도메인 특화 온톨로지들 내의 용어들을 하나의 온톨로지에 결합하여, 관계된 각 도메인 특화 온톨로지의 사용자들이 그 도메인 통합 온톨로지를 참조하게 함으로써, 그들 간의 상호운용성을 보장한다.

2.3 온톨로지 구성요소에 따른 분류

온톨로지의 기본적인 구성요소는 개념과 그 개념들 사이의 관계이다. 여기에 개념과 관계들 사이의 연관관계를 보다 명확히 표현하기 위하여 로직이 추가된다[3]. 이러한 로직이 포함된 온톨로지를 로직 기반 온톨로지라 부르며, 로직이 포함되지 않은 온톨로지를 비 로직 기반 온톨로지라 부른다. 이처럼 로직이 온톨로지의 구성요소로서 포함되는가의 여부는 온톨로지의 목적과 온톨로지를 바라보는 관점에 따라 달라질 수 있다. 비록 개념과 관계가 기본 구성요소로 포함된다는 것은 다양한 온톨로지 연구에서 공통된 인식이지만, 온톨로지들이 그 사용 목적에 따라 다양한 구성요소로 이루어 질 수 있다는 사실은 온톨로지의 구성요소 또한 온톨로지들 간 상호운용에 있어 중요한 측면임을 시사하는 것이다. 이에 따라 본 논문에서는 다음 [그림 3]과 같이 온톨로지의 구성요소를 5가지로 구분하였다.



[그림 3] 구성요소에 따른 온톨로지의 분류

각 구성요소들은 다음과 같이 정의 된다[9].

- 개념(concepts): 온톨로지의 적용 도메인에서 공통으로 사용하는 기본적인 추상적인 생각(ideas)이며 단어 또는 속어로 표시된다. 예) 다리, 인간, 지구
- 관계(relationship): 개념과 개념 사이를 관계 짓는 상태(state)나 방법(way)으로서 술어(predicate)로 표현된다. 예) 가지다, 산다
- 기본사실형(basic fact type): 근본적인 문장들 또는 사실(fact)들로서 개념과 관계로써 만들어진다. 예) 가지다(인간, 다리) \Rightarrow [인간은 다리를 가진다], 산다(인간, 지구) \Rightarrow [인간은 지구에 산다]
- 제약(constraints): 사실형들에 적용되는 제한으로서 실제 만들어지는 인스턴스들의 타당성을 보장하고 검증하는데 사용된다. 예) 가지다(인간, 다리 { \Rightarrow 2}) \Rightarrow [인간은 다리가 2개이다], 산다(인간 { $\max < 100$ 억}, 지구) \Rightarrow [인간은 최대 100억명 이하로 지구에 산다]
- 유도규칙(derivation rules): 여러 가지 사실들로부터 새로운 사실을 유도하기 위한 규칙(rule), 함수(function), 또는 연산자(operator)들을 의미한다. 예) (유도규칙)만약 인간이면 다리가 2개이다, (유도규칙)만약 인간이면 지구에 산다, (사실)남자는 인간이다 \Rightarrow 유도사실)남자는 다리가 2개이다, (유도사실)남자는 지구에 산다

비 로직 기반 온톨로지는 개념, 관계, 기본사실형의 3가지 구성요소를 가지며, 로직 기반 온톨로지는 추가적으로 제약과 유도규칙의 구성요소를 갖는다.

3. 온톨로지 아키텍처

본 논문에서 제시하는 온톨로지 아키텍처는 다음 [그림 4]와 같이, 앞 장에서 설명한 세 개의 분류법들을 각각의 축으로 하여 조화시킨 하나의 체계적이고 전체적인 분류법이다.

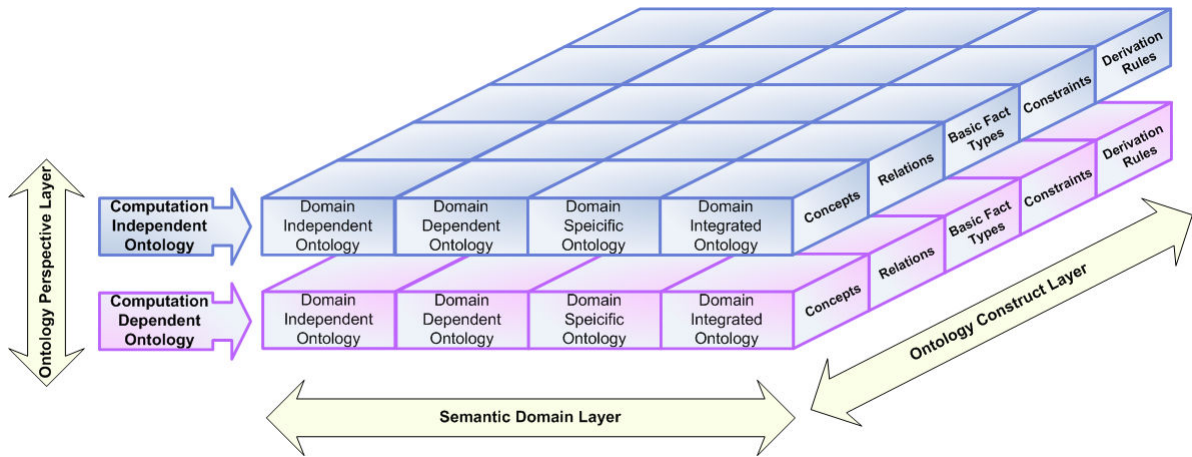
온톨로지 아키텍처는 온톨로지들 간의 상호운용성 확보에 다양한 장점을 제공한다. 먼저 온톨로지 아키텍처를 구성하는 3개의 분류축 중, 온톨로지 표현 관점에 따른 분류는 온톨로지의 재사용성과 변화 대응에 이점을 제공할 뿐만 아니라, 메타계층에 기반한 온톨로지 언어 간 변환 관계를 지원함으로써 이중 온톨로지 언어 간의 상호운용을 가능하

게 하며, 따라서 구현 레벨의 온톨로지 통합을 가능하게 한다. 예를 들면, 현재 가장 널리 쓰이는 온톨로지 표현 언어들인 OWL과 토픽맵(Topic Maps)[13]으로 표현된 온톨로지의 경우, 다방면에서 연구되고 있는 M2 계층에서의 두 언어 간 매핑 방식[4][7][33]을 통해 언어들 간의 상호운용성 확보를 노릴 수 있다. 시맨틱 도메인에 따른 분류는 공통된 도메인 독립 온톨로지 혹은 도메인 종속 온톨로지에 기반하여 도메인 특화 온톨로지들을 구축하고 이들을 결합하여 도메인 통합 온톨로지를 구축하는 프레임워크를 유도한다. 이로써 온톨로지 용어의 통합 및 그 의미상 모호성의 제거를 통해 온톨로지 간 상호운용성을 향상시키게 되며 구체적인 이중도메인 간 협력 방법론을 제시하는 장점을 갖는다. 그리고 상위 계층의 온톨로지를 기반으로 한 확장 메커니즘을 통해 온톨로지의 재사용성을 높임으로써 온톨로지 생성 과정의 간결성을 높일 수 있다. 온톨로지 구성요소에 따른 분류는 온톨로지의 통합시, 구성요소 별 통합을 통하여 통합의 정확성을 향상시킨다. 또한, 구성요소 별 매핑을 통해 통합 온톨로지에 포함될 구성요소의 포함/배제 여부를 쉽게 결정할 수 있게 하여 통합의 효율성을 높여준다.

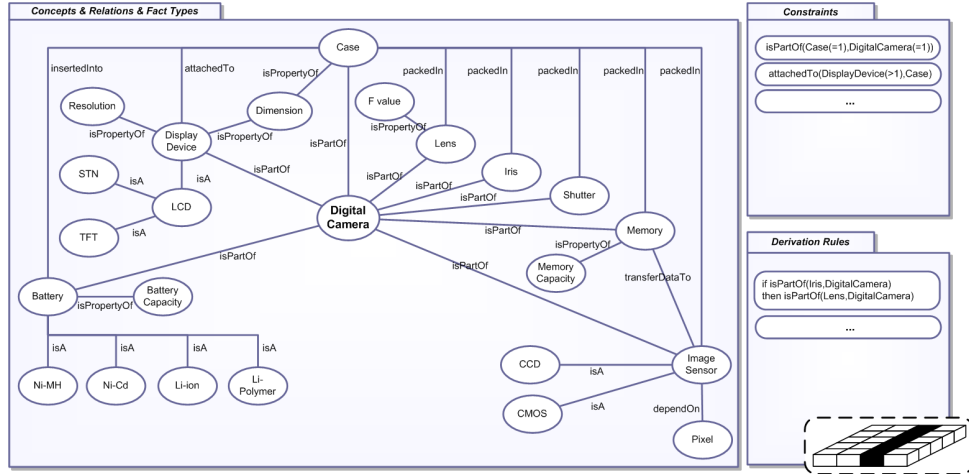
각 분류축의 개별적인 장점 외에도 온톨로지 아키텍처는 각 분류축의 통합체로서 온톨로지의 분류 및 식별, 분석에 지도와 같은 역할을 할 수 있다. 즉, 온톨로지 아키텍처를 통해 기존에 생성된 온톨로지들 및 새로이 생성될 온톨로지의 특성을 한눈에 파악할 수 있으며, 이는 온톨로지 통합 과정에서 후보 온톨로지의 선별이나 온톨로지의 평가 등과 같은 필수적인 과정에 중요한 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 온톨로지 아키텍처 적용의 예

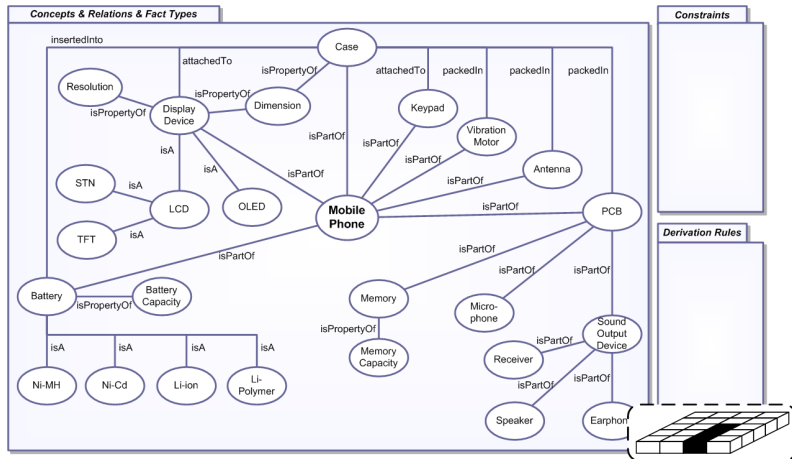
온톨로지 아키텍처의 유용성을 보여주기 위한 예로서 제품 정보 온톨로지들을 구축하는 과정과 이중도메인 온톨로지들의 통합을 통해 온톨로지 사용자 기업 간 협력을 지원하는 간단한 시나리오를 제시한다.



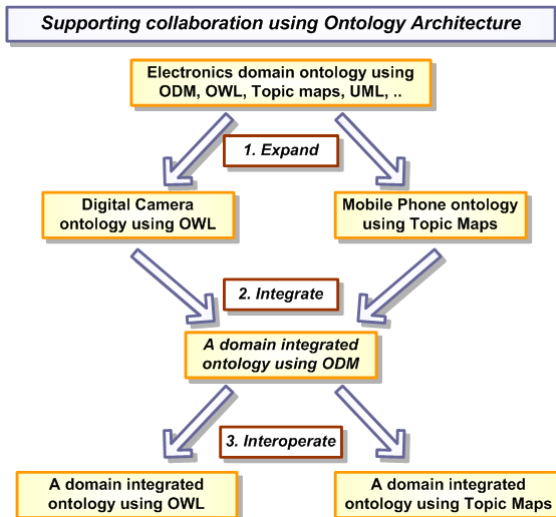
[그림 4] 온톨로지 아키텍처



[그림 7] 디지털 카메라 제품에 대한 도메인 특화 온톨로지의 예



[그림 8] 휴대전화 제품에 대한 도메인 특화 온톨로지의 예



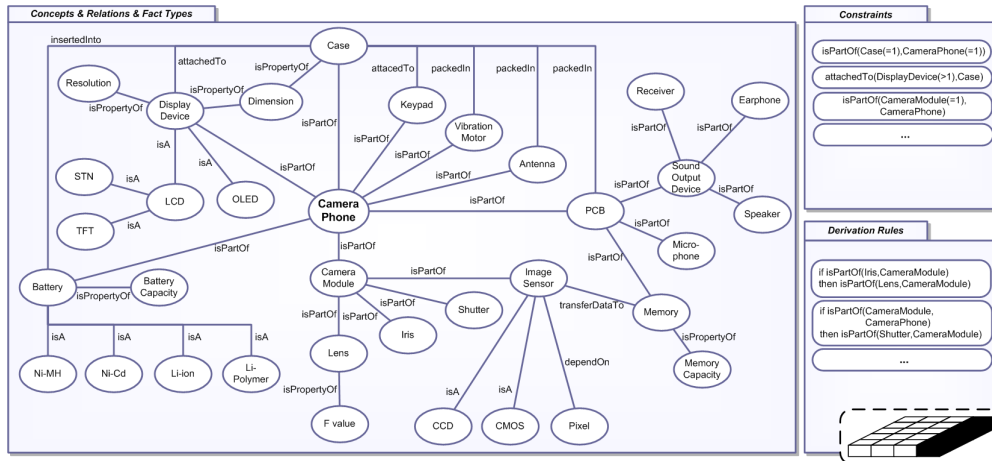
[그림 9] 도메인 특화 온톨로지의 통합을 통한 협력 시나리오

이에 관한 상세한 설명은 아래와 같다.

1. 도메인 종속 온톨로지는 그 도메인의 도메인 특화 온톨로지의 구축 시, 참조 및 기반 온톨로지

로서 사용된다. 이 과정에 사용된 도메인 종속 온톨로지는 도메인 특화 온톨로지들에 공통적으로 사용됨으로 인하여 상호운용성을 향상시킬 수 있다. 4.1장의 과정을 통해 세팅이 및 자동차 제품에 관련된 도메인 특화 온톨로지가 구축되었다.

2. 그러나 도메인 특화 온톨로지에는 도메인 종속 온톨로지에 포함된 구성요소들 외에 부가적인 구성요소들이 포함될 수 있으므로, 이종 도메인 특화 온톨로지들 간에 완벽한 상호운용을 보장하지 못한다. 따라서, 이를 지원하기 위해 공통의 도메인 통합 온톨로지를 구축하는 것이 필요하다. 이러한 도메인 통합 온톨로지는 온톨로지 언어의 호환성을 위하여 ODM으로 표현될 것을 가정하였다. 본 시나리오에서 만들어진 도메인 통합 온톨로지는 다음 [그림 10]과 같다.
3. ODM으로 표현된 도메인 통합 온톨로지는 해당 도메인 특화 온톨로지에 사용된 언어들로 변환될 수 있으므로 각 도메인의 사용자 기업들은 시스템 간 의사소통 측면에서 공통된 온톨로지를 바탕으로 협력을 위한 정확한 의사소통을 할 수 있다.



[그림 10] 본 시나리오를 위한 도메인 통합 온톨로지의 예

5. 관련 연구

앞에서 설명한 바와 같이 온톨로지의 통합을 지원하기 위한 온톨로지 아키텍처의 분류는 3가지의 축으로 나누어지며, 그 3개의 축은 그 특성 별로 크게 2가지 측면으로 나누어진다.

첫 번째는 문법적인 측면으로서 이와 관련된 기존 연구는 Bezin et al.[2], Duric et al.[5], Herre et al.[11] 등이 제시한 바와 같이 MDA의 4계층 메타모델링 측면에서 접근한 방법론들이다. Bezin et al.은 온톨로지의 계층을 MDA와 같이 나누고 M3 계층을 통해 모델링 기술 공간(technical space)와 온톨로지 기술적 공간 간의 호환에 관한 방법론을 제시하였고, Duric et al.은 메타모델링 계층에서 ODM의 위치를 확인하고 ODM과 OWL의 호환에 관하여 논하였다. 또한 Herre et al.은 Abstract Core Ontology(ACO)의 개념을 도입하여 3계층의 메타-온톨로지 아키텍처를 제시하였다.

다른 측면은 온톨로지의 의미적인 호환에 관련된 것으로 이와 관련된 연구는 SUMO[28], Upper Cyc Ontology[23], DOLCE[1]와 같이 상위 온톨로지를 도입한 도메인 온톨로지의 계층화를 통하여 상호운용성을 향상시키려는 방법론이 주를 이룬다. MITRE[16]는 상위 온톨로지의 당위성과 상위 온톨로지에 관한 기존 연구들을 조사 및 평가하였으며, 이를 미국 정부의 국방 도메인에 적용하는 것에 관하여 논하였다. 그 외에 Kent[15]는 매핑을 위해 일시적으로 온톨로지를 통합하는 가상의 전역 온톨로지 구축 방법론을 제시하였다.

또한 두 가지 측면을 모두 고려한 연구는 Standard Upper Ontology Information Flow Framework(SUO-IFF)[31]에서 제시한 메타모델링 계층이 있다. 그러나 이는 Herre et al.[11] 등이 언급한 바와 같이 온톨로지 언어의 문법적인 메타모델링 방법이라기 보다는 온톨로지의 로직을 설명하기 위한 메타모델링 방법이며, 이는 본 논문의 목적인 온톨로지 간의 상호운용성과는 거리가 있다.

이 장에서 언급한 방법론들은 서론에서 밝힌 바와 같이 부분적인 측면의 호환성 및 상호운용성 확보에 그치고 있으며, 결과적으로 온톨로지의 통합을 부분적인 수준에 머무르게 함으로써 통합의 완성도를 떨어뜨리므로, 본 논문에서는 부분적인 측면들을 통합한 온톨로지 아키텍처를 제시하여 전체적이고 완성도 높은 통합을 실현하고자 한다.

6. 결론

온톨로지는 사람들 사이의 정확한 의사소통을 돕고, 시스템들 간의 상호운용성을 달성하기 위한 도구로서 많은 기대를 받고 있다. 온톨로지의 구축은 기존 온톨로지의 통합을 통해 더욱 효율적으로 이루어질 수 있으며, 이를 위해 온톨로지들 간의 상호운용성의 확보는 필수적인 요소이다. 상호운용성의 확보는 온톨로지에 대한 분류법과 계층화를 필요로 하지만, 현재 이를 해결하기 위해 제시되는 방법론과 분류법들은 부분적인 측면에만 국한되어 제시되고 있어 온톨로지 통합 과정의 불안정성을 초래하게 되며 통합된 온톨로지에 있어서 의도하지 않은 결과를 초래할 수 있다. 이에 본 논문에서는 온톨로지들을 체계화하는 전체적인 틀로서 온톨로지 아키텍처를 제시하였다.

제안된 온톨로지 아키텍처는 1)온톨로지 표현 언어 측면을 반영한 MDA 기반의 표현 관점에 따른 분류축, 2)온톨로지의 적용 도메인 범위의 관점을 반영한 시맨틱 도메인 계층에 따른 분류축, 3)온톨로지 구조 관점을 반영한 온톨로지 구성요소에 따른 분류축 등 총 3개의 축으로 이루어져 있으며, 각각의 축은 기존에 부분적으로 제시되었던 개별 분류법들을 확장 혹은 통합하여 체계적으로 계층화되었다.

통합된 3가지의 분류법들은 특성에 따라 크게 문법적인 측면의 분류와 의미적인 측면의 분류로 나눌 수 있다. 온톨로지 아키텍처는 그러한 2가지 특성 별로 온톨로지 간 통합을 지원하는 것과 각 분류축의 통합으로 인한 시너지 효과를 장점으로 가진다. 온톨로지 아키텍처는 1)문법적인 측면의 분류를 통해 온톨로지의 재사용성 및 상이한 온톨로지 표현 언어들 간의 상호운용성을 얻을 수 있고, 2)의미적인 측면의 분류를 통해 온톨로지 통합의 간결성, 효율성을 높인다. 또한 온톨로지 아키텍처는 3)온톨로지 통합에 있어 온톨로지의 분류 및 식별, 분석에 지도와 같은 역할을 할 수 있다. 이와 같은 장점들을 통해 온톨로지 아키텍처는 향후 온톨로지 통합 관련 연구에 견고한 기반을 제공할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] A Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering Website, <http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html>
- [2] Bezivin, J., Devedzic, V., Djuric, D., Favreau J., Gasevic, D., Jouault, F. (2005), An M3-Neutral infrastructure for bridging model engineering and ontology engineering, In Proceedings of the *Interoperability of Enterprise Software and Applications(INTEROP-ESA'05)*, Geneva, Switzerland, 159-172.
- [3] Bittner, T., Donnelly, M., Winter, S. (2005), Ontology and Semantic Interoperability, In book: *Large-Scale 3D Data Integration*, CRCPress, London.
- [4] Cregan, A. (2005), Building Topic Maps in OWL-DL, In Proceedings of the *Extreme Markup Languages 2005*, Montreal, Canada.
- [5] Duric, D., Gasevic, D., Devedzic, V. (2004), Ontology Modeling and MDA, *Journal of Object Technology*, 4(1), 109-128.
- [6] Duric, D. (2004), MDA-based Ontology Infrastructure, *Computer Science and Information Systems*, 1(1), 91-116.
- [7] Garshol, L. (2003), Living with topic maps and RDF, Ontopia Whitepaper, <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tmrdf.html#N69>.
- [8] Gruber, T. (1992), A translation approach to portable ontology specification, Technical Report KSL92-71, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University.
- [9] Halpin, T. (2001), *Information Modeling and Relational Databases: From Conceptual Analysis to Logical Design*, Morgan-Kaufmann, San Francisco.
- [10] Halpin, T. (2001), Object-Role Modeling: an overview, ORM Whitepaper, <http://www.orm.net/pdf/ORMwhitePaper.pdf>.
- [11] Herre, H., Loebe, F. (2005), A Meta-ontological Architecture for Foundational Ontologies, *Lecture Notes in Computer Science*, 3761, 1398-1415.
- [12] Institute for Formal Ontology and Medical Information Science Website, <http://www.ifomis.uni-saarland.de/>
- [13] ISO/IEC (2002), ISO/IEC 13250 Topic Maps (Second Edition), ISO/IEC 13250 Standard, http://y12web2.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0322_files/iso13250-2nd-ed-v2.pdf.
- [14] Jasper, R., Uschold, M. (1999), A framework for understanding and classifying ontology applications, In Proceedings of the *IJCAI99 Workshops on Ontologies and Problem-Solving Methods*, Stockholm, Sweden.
- [15] Kent, R. (2000), The Information Flow Foundation for Conceptual Knowledge Organization, In Proceedings of the *6th International Conference of the International Society for Knowledge Organization(ISKO)*, Toronto, Canada, 111-117.
- [16] MITRE (2004), Toward the Use of an Upper Ontology for U.S. Government and U.S. Military Domains: An Evaluation, MITRE Technical Paper, http://www.mitre.org/work/tech_papers/tech_papers_04/04_0603/04_1175.pdf.
- [17] Niles, I., Pease, A. (2001), Origins of The IEEE Standard Upper Ontology, In Proceedings of the *IJCAI-2001 Workshop on the IEEE Standard Upper Ontology*, Seattle, USA, 37-42.
- [18] Niles, I., Pease, A. (2001), Towards a Standard Upper Ontology, In Proceedings of the *2nd International Conference on Formal Ontology in Information Systems(FOIS-2001)*, Ogunquit, USA, 2-9.
- [19] Noy, N., Hafner, C. (1997), The State of the Art in Ontology Design - A Survey and Comparative Review, *AI Magazine*, 36(3), 53-74.
- [20] Object Management Group (2003), MDA Guide Version 1.0.1, OMG Document: [omg/2003-06-01](http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf), <http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf>.
- [21] Object Management Group (2005), Ontology Definition Metamodel Request For Proposal, OMG Document: [ad/2003-03-40](http://www.omg.org/docs/ad/03-03-40.pdf), <http://www.omg.org/docs/ad/03-03-40.pdf>.
- [22] Object Management Group (2005), Unified Modeling Language: Superstructure Version 2.0, OMG Document: [formal/2005-07-04](http://www.omg.org/docs/formal/05-07-04.pdf), <http://www.omg.org/docs/formal/05-07-04.pdf>.
- [23] OpenCyc Website, <http://www.opencyc.org/>
- [24] Pahl, C. (2005), Layered Ontological Modelling for Web Service-Oriented Model-Driven Architecture, *Lecture Notes in Computer Science*, 3748, 88-102.
- [25] Pinto, H., Martins, J. (2001), A Methodology for Ontology Integration, In Proceedings of the *1st international conference on Knowledge capture*, Victoria, Canada, 131-138
- [26] Seidewitz, E. (2003), What Models Mean, *IEEE Software*, 20(5), 26-32.
- [27] Standard Upper Ontology Working Group Website, <http://suo.ieee.org/>
- [28] Suggested Upper Merged Ontology Website, <http://ontology.teknowledge.com/>
- [29] The Enterprise Ontology Website, <http://www.aii.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>
- [30] The Gene Ontology Website, <http://www.geneontology.org/>
- [31] The SUO Information Flow Framework Website, <http://suo.ieee.org/IFF/>
- [32] Uschold, M., King, M. (1995), Towards a Methodology for Building Ontologies, In Proceedings of *IJCAI95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, Montreal, Canada.
- [33] Vatant, B. (2004), Ontology-driven Topic maps, In Proceedings of the *XML Europe 2004*, Amsterdam, Netherlands.
- [34] W3C (2004), OWL Web Ontology Language Guide, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>.