온톨로지의 상호운용성을 위한 온톨로지 아키텍처에 관한 연구

An Ontology Architecture for Interoperability of Ontologies

이정수(Jeongsoo Lee)*, 채희권(Heekwon Chae)** 김광수(Kwangsoo Kim)***, 김철한(Cheol-Han Kim)****

초 록

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 온톨 모두 간의 상호운용성 확보를 지원하는 온톨로지 아키텍처를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 온톨로지 아키텍처를 제안한다. 본 논문에서 제한하는 온톨로지 아키텍처를 지원하는 본 논문에서 제한 소톨로지 아키텍처는 온톨로지 마라계층 분류축, 시맨틱 도메인 분류축, 온톨로지 구성요소 분류축의 3개의 분류축으로 이루어져 있다. 온톨로지 아키텍처의 3개의 분류축은 온톨로지들 간의 문법적인 상호운용성과 의미적인 상호운용성을 향상시키기 위해 조화롭게 설계됨으로써 온톨로지 통합이 유연하게 이루어지도록 지원한다.

ABSTRACT

Ontologies are expected in various areas as promising tools to improve communication among people and to achieve interoperability among systems. For communications between different business domains, building an ontology through integrating existing ontologies is more efficient way than building the ontology without them. However, integration of ontologies is very struggling work since languages, domains, and structures of ontologies are different from each other. In this paper, we suggest an Ontology Architecture which solves this problem by providing a systematic framework to classify ontologies from three kinds of viewpoints: language, domain range, constructs. The Ontology Architecture consists of 3 axes according to the 3 viewpoints: Ontology Meta Layer axis, Semantic Domain Layer axis, and Ontology Constructs Layer axis. Because 3 axes in Ontology Architecture are designed to improve the syntactic and semantic interoperability among ontologies, the integration of ontologies can be readily achieved.

키워드: 온톨로지, 온톨로지 아키텍처, 온톨로지 통합, 온톨로지 상호운용성, 문법적 상호운용성, 의미적 상호운용성

Ontology, Ontology Architecture, Ontology Integration, Interoperability of Ontology, Syntactic Interoperability, Semantic Interoperability

^{*} 포항공과대학교 산업경영공학과 석박사통합과정

^{**} 삼성SDS

^{***} 교신저자, 포항공과대학교 교수

^{****} 대전대학교 IT경영공학과 교수

1. 서 론

시맨틱 웹이 웹 진화의 다음 단계로서 대두 되고 있는 가운데, 시맨틱 웹의 구현 기술로 서 온톨로지(ontology) 또한 다시 주목받게 되 었다. 온톨로지라는 용어는 철학의 한 분야인 '존재론'에 기원하지만 인공지능(AI)과 지식 표현(knowledge representation)에 대한 연구 에 사용됨으로써 컴퓨터 과학 분야에서 널리 중요시되게 되었다. 최근까지도 컴퓨터 과학 분야에서 온톨로지에 대해 명확한 정의가 내 려지고 있지는 않지만[23, 32], '개념화에 대 한 명시적인 명세사항(an explicit specification of a conceptualization)[11]'이라는 정의가 일반적으로 받아들여지고 있다. 이 정의에서 개념화는 표현하고자 하는 실세계를 개념의 추 출을 통해 단순화시킨 하나의 관점을 의미한 다. 그렇게 추출된 개념은 공유되는 어휘(shared vocabulary)의 형태로 만들어지며, 그러 한 어휘들로 이루어진 일련의 산출물을 '온톨 로지'라 한다[12]. 기본적으로 온톨로지는 개 념(concept)과 관계(relationship) 등의 구성요 소로서 이루어지며, 자연어 또는 별도의 온톨 로지 언어를 사용하여 표현된다.

정의에서와 같이 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[10]. 그러한 측면에서 온톨로지가만들어지는 목적은 1)사람들 사이에 정확하고 모호하지 않은 의사소통을 돕고, 2)시스템들간의 상호운용성을 달성하며, 3)시스템의 설계와 품질을 향상시키는 것 등의 3가지로 나

타낼 수 있다[18]. 그러나 일반적으로 1)과 2) 의 사항이 주요 목적으로 받아들여지고 있다. 온톨로지는 웹, XML 기술과 결합하여 온톨로지 기술의 기원이라 할 수 있는 인공지능과지식 표현 분야로부터 시맨틱 웹, 엔터프라이즈 모델링, 지식 관리, 전자상거래에 이르기까지 의미공유 및 상호운용성이 필요한 분야에서 다양하게 활용될 수 있다[7].

온톨로지가 특정 도메인 내 혹은 이종 도 메인 간의 의사소통과 상호운용성 달성의 목 적으로 사용된다는 것은 하나의 공통적인 온 톨로지가 존재하고 모든 참여자들이 이를 공 유하여 사용하는 것을 의미한다. 현재 엔터프 라이즈 모델링 분야, 생명 과학 분야, 의약 분야 등과 같이 다양한 분야에서 해당 도메 인을 위한 표준화된 온톨로지를 생성하고자 노력하고 있다[16, 36, 37]. 이처럼 특정 도메 인 내의 의사소통과 상호운용성을 위해서는 기존의 표준 온톨로지를 활용할 수 있으나. 이종 도메인 간의 협력을 위해서는 새로운 온 톨로지의 생성이 필수적으로 수반되어야 한 다. 그리고 새로운 온톨로지의 생성은 기존 온톨로지들 간의 통합을 통해 시간, 비용, 노 력 측면에서 더욱 효율적으로 이루어질 수 있 다[23]. 이는 목적 확인, 온톨로지 개념 추출, 온 톨로지 표현 및 코딩(coding), 기존 온톨로지 통합, 평가, 문서화의 절차로 이루어진 일반 적인 온톨로지 생성과정을 통해서도 확인할 수 있다[39].

온톨로지의 통합은 기존 온톨로지들 중에서 후보 온톨로지를 선별하고, 후보 온톨로지들을 평가하며, 실제 통합 과정을 수행하는 등의 단계들을 포함한다[31]. 그러나 온톨로지는 실세계의 어느 분야도 그 대상 도메인으

로 할 수 있으므로, 필연적으로 다양한 특성 과 형태를 가지게 된다. 따라서 위와 같은 온 톨로지 통합 과정들을 수행하기 위해서는 다 양한 온톨로지들 간의 상호운용성이 전제되 어야 한다. 이를 위해서 기존 온톨로지들에 대해 평가할 수 있는 분류 기준과 그 기준에 따른 계층화가 필요하다. 기존의 많은 연구들 이 온톨로지를 바라보는 관점에 따라 다양한 분류법을 제시하고 있지만, 대부분의 연구들 은 하나의 관점에 따른 부분적인 분류법만을 제시하고 있을 뿐, 다양한 관점을 하나로 통 합하는 전체적인 분류법은 제시되지 않고 있 는 실정이다. 부분적이고 단편적인 분류법만 으로는 온톨로지 통합을 위해 고려되어야 하 는 다양한 측면들을 간과하게 되므로, 통합된 온톨로지에 있어서 문법적인 불완전성이나 의미적인 오용과 같이 의도하지 않은 결과를 초래할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 온톨로지 간의 상호 운용성 확보를 지원하기 위해, 온톨로지 구축 시 고려하여야 하는 대표적인 3가지 측면을 체계적으로 나타낸 온톨로지 아키텍처를 제 시하고자 한다. 본 논문의 온톨로지 아키텍처 가 포함하는 3개의 분류축은 다음과 같다.

- •온톨로지 표현 언어 관점:온톨로지 표현 언어의 메타계층을 통하여 온톨로지 표현 언어들 간의 상호운용성 확보를 실현하기 위한 축
- ●온톨로지 적용 도메인 관점:도메인의 범 위에 관한 분류계층을 제시하여 온톨로지 자 체의 상호운용성 확보를 실현하기 위한 축
- •온톨로지 구조 관점 : 온톨로지의 구성요소 에 따른 분류계층을 제시하여 구성요소들 간의 상호운용성 확보를 실현하기 위한 축

본 논문의 제 2장에서는 본 연구와 관련된 기존 연구들을 소개하며 제 3장에서는 온톨 로지 아키텍처의 3가지 축을 이루는 각 분류 법들을 소개한다. 제 4장에서는 3가지 축을 통합한 전체적인 온톨로지 아키텍처를 제시 하고 설명하며, 제 5장에서는 제시된 온톨로 지 아키텍처를 적용하여 온톨로지를 구축하 는 절차와 온톨로지 사용자 간의 상호운용성 을 확보하는 절차를 예를 바탕으로 설명한다. 마지막으로 제 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

기존 연구들에서 온톨로지의 상호운용성 확 보를 지원하기 위한 온톨로지의 분류법은 그 특성 별로 크게 2가지 측면으로 나누어진다.

첫 번째는 문법적인 측면으로서 이와 관련 된 기존 연구는 Bezivin et al.[3], Duric et al.[7], Herre et al.[15] 등이 제시한 바와 같 이 MDA의 4계층 메타모델링 측면에서 접근 한 방법론들이다. Bezivin et al.은 온톨로지 의 계층을 MDA와 같이 나누고 M3 계층을 통해 모델링 기술 공간(technical space)과 온 톨로지 기술 공간 간의 호환에 관한 방법론을 제시하였고, Duric et al.[7]은 메타모델링 계층 에서 ODM의 위치를 확인하고 ODM과 OWL 의 호환에 관하여 논하였다. 또한 Herre et al. [15]은 Abstract Core Ontology(ACO)의 개념 을 도입하여 3계층의 메타-온톨로지 아키텍 처를 제시하였다.

다른 측면은 온톨로지의 의미적인 호환에 관련된 것으로 이와 관련된 연구는 SUMO [35], Upper Cyc Ontology[29], DOLCE[1]와 같이 상위 온톨로지를 도입한 도메인 온톨로지의 계층화를 통하여 상호운용성을 향상시키려는 방법론이 주를 이룬다. MITRE[20]는 상위 온톨로지의 당위성과 상위 온톨로지에 관한기존 연구들을 조사 및 평가하였으며, 이를미국 정부의 국방 도메인에 적용하는 것에 관하여 논하였다. 그 외에 Kent[19]는 매핑을 위해 일시적으로 온톨로지를 통합하는 가상의전역 온톨로지 구축 방법론을 제시하였다.

또한 두 가지 측면을 모두 고려한 연구는 Standard Upper Ontology Information Flow Framework(SUO-IFF)[38]에서 제시한 메타모델링 계층이 있다. 그러나 이는 Herre et al. [15] 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.

본 연구에서는 두 가지 측면의 온톨로지 분류법에 온톨로지 구성요소에 따른 분류법 을 추가적으로 통합하여 전체적인 분류법인 온톨로지 아키텍처를 제시한다. 각 분류법을 도입한 이유에 대하여는 다음 장의 각 분류 법에 대한 소개에서 설명한다.

온톨로지의 분류와 관계없이 본 논문의 근본 목적인 온톨로지 통합을 지원하기 위한 방법론 및 프레임워크들도 다양하게 존재한다. Pinto et al.[31]은 온톨로지의 통합 과정을 위한 체계적인 절차를 제시하였다. Pinto et al.이 제시하는 절차는 후보 온톨로지를 선별하는 단계, 후보 온톨로지를 평가하고 분석하는 단계, 온톨로지를 통합하는 단계, 통합된 온톨로지를 평가하는 단계로 크게 나뉘며, 각 단계별로 평가 기준과 고려 사항 등을 정

리하였다. Calvanese et al.[5]은 온톨로지를 전역 온톨로지와 지역 온톨로지로 구분하여 그들 간의 매핑을 통한 온톨로지 통합 프레 임워크를 제시하였다. Calvanese et al.의 프 레임워크는 전역 온톨로지를 기반으로 매핑 을 수행하는 전역 중심 접근법(global-centric approach)과 지역 온톨로지를 기반으로 하는 지역 중심 접근법(local-centric approach)의 조합으로 이루어진다. Alasoud et al.[2]은 이 종 온톨로지 별로 존재하는 Wrapper를 통해 매핑되는 가상의 온톨로지인 Integrated View 를 이용한 방법과 변환 프로세서를 통해 별 도로 작성되는 통합 온톨로지인 Materialized View를 이용한 방법을 병용한 온톨로지 통 합 프레임워크를 제시하였다. 하지만 이러한 연구들은 직접적으로 온톨로지를 통합하기 위한 방법론으로서 본 논문과 같이 온톨로지 의 통합의 기반으로서 온톨로지를 분류하여 체계화하는 방법론을 제시하지는 않고 있다. 그러나 위의 연구들은 온톨로지 통합을 위해 지역 온톨로지와 전역 온톨로지를 구분하여 접근하였다는 공통점이 있으며, 이러한 측면 에서 본 연구의 접근법과 관련성을 가진다.

3. 3가지의 분류법

이 장에서는 본 논문에서 제시하는 온톨로 지 아키텍처의 각 축이 되는 온톨로지 분류 법들을 소개한다.

3.1 MDA 기반의 메타계층에 따른 분류

모델 주도형 아키텍처(MDA: Model Dri-

ven Architecture)[24]는 Object Management Group(OMG)에서 제안한 소프트웨어 개발 프 레임워크로서, Unified Modeling Language (UML)[28] 등에 기반한 모델링 기술을 통해 컴포넌트 기반 혹은 서비스 기반의 소프트웨 어 시스템 개발을 지원한다[30]. MDA는 모델 링을 통한 개발을 용이하게 하기 위해 모델 과 모델링 언어들을 체계적인 계층으로 분류 하여 접근하는 메타모델링에 기반하고 있다. MDA는 기본적으로 4계층의 메타모델링 아 키텍처를 가정하며, 가장 상위의 계층은 메타 -메타-모델(M3) 계층이다. M3 계층은 두번 째 계층인 메타-모델(M2) 계층의 언어들을 정의하기 위한 자기정의적(self-defined)인 언 어로서[3], 이 계층을 위한 OMG의 표준은 Meta-Object Facility(MOF)[25]이다. 다음 계층 인 M2 계층에 포함되는 메타모델들은 '모델 링 언어의 모델'이라 일컬어지며[33], 모델링 언어 자체와 그 올바른 사용법에 대한 정의 를 의미한다. M2 계층을 위한 OMG의 표준 은 UML과 Common Warehouse Metamodel (CWM)이 있다. 모델(M1) 계층은 시스템에 대 한 실제 모델들을 포함하는 계층으로서, UML 을 메타모델로 가정할 경우 개별적인 UML 클래스 모델 등이 이 계층에 포함된다. 마지 막 계층인 MO 계층은 인스턴스 계층으로서, 이 계층을 설명하는 접근법은 다음과 같은 2 가지가 존재한다[3].

- ●실세계에 존재하는 사물 혹은 개념을 인스 턴스로 보고 이들을 포함하는 계층으로 설 명하는 접근법
- ●프로그래밍 언어에서의 객체와 같이, M1 계층에서 정의된 개념에 대한 인스턴스를 포함하는 계층으로 설명하는 접근법

MDA의 4계층 메타모델링 아키텍처는 어 떠한 모델링 언어에 대해서도 그 메타모델을 정의하는데 견고한 기반을 제공해 준다[7]. 또한, 메타모델과 그 계층에 대한 체계적인 정의는 이종 모델링 언어들 간의 상호운용성 을 견고하게 보장해준다. 비록 모델링 언어는 아니지만 온톨로지와 어떤 온톨로지에 대한 메타모델인 온톨로지 언어의 분류에도 MDA 의 메타모델링 아키텍처는 직접적으로 적용 될 수 있으며, 온톨로지 언어들 간 혹은 온톨 로지들 간의 상호운용성 확보를 가능하게 한 다. 이에 따라, 온톨로지 분야에 대해 위와 같은 MDA의 메타모델링 아키텍처를 도입하 여 온톨로지와 온톨로지 언어를 분류하고 관 리하려는 연구가 많이 수행되어 왔으며[7, 8, 15], OMG에서도 자체 표준인 MOF와 메타 모델링 아키텍처에 기반한 온톨로지 메타모 델의 정의를 위한 움직임을 보이고 있다[26]. 본 논문에서도 MDA의 4계층 메타모델링 아키텍처를 도입하여, 다음 <그림 1>과 같이

온톨로지 언어를 메타계층에 따라 4개의 계층 으로 분류하는 것을 하나의 축으로 채택한다. <그림 1>의 예는 비즈니스 도메인에 대해 어휘들과 규칙들을 정의한 온톨로지인 Semantics of Business Vocabulary and Business Rules(SBVR)[27]을 가정하여 계층 별로 분류한 것이다. SBVR은 OMG에 의해 채택된 표준으로, 비즈니스 도메인에 속한 사람들이 그들만의 언어와 개념들로 정의된 비즈니스 정책과 규칙을 통해 비즈니스를 명료한 형태 로 실행하도록 하기 위한 목적으로 개발된 온 톨로지이다. SBVR 표준은 MOF에 기반한 SBVR만의 메타모델을 포함하고 있다. 그리고 EU-Rent는 SBVR 표준에서 SBVR 접근법 을 설명하기 위해 채택한 예시 비즈니스 온톨 로지로서, SBVR 메타모델에 기반하고 있다.

		MDA	Ontology	Example
4	\ \ \ \ \ \	МЗ	Meta-Meta Ontology	MOF
	Ontology Meta Layer	M2	Meta Ontology	SBVR Language
	tology	M1	Ontology	SBVR EU-Rent
1	δ ·	МО	Ontology Instance	EU-Rent Instance

〈그림 1〉메타계층에 따른 온톨로지의 분류

본 논문에서 제시한 온톨로지 메타계층에 서 각 계층이 의미하는 바는 M1 계층이 모 델이 아닌 온톨로지를 포함하는 점을 제외하 면 MDA의 메타계층과 같다. 단, MO 계층은 앞서 밝힌 MO 계층의 설명에 대한 2가지 접 근법들 중 후자를 채택하여 반영한 것이며, 이는 다른 연구의 온톨로지 메타계층이 전자 의 접근법을 채택한 것과는 상반되는 것이다 [3, 7, 8]. 본 논문에서 후자의 접근법을 선택 한 것은 1)전자의 접근법을 선택할 경우 M1 계층에서 클래스 온톨로지와 인스턴스 온톨 로지를 구분하는 별도의 축을 필요로 하게 되어 전체 온톨로지 아키텍처의 간결성을 떨 어뜨리고, 2)실세계는 온톨로지 아키텍처의 직접적인 적용 범위가 아니기 때문이다. 결과 적으로, 실제 구축되는 온톨로지들은 M1과 M0 계층에 속하게 된다.

3.2 시맨틱 도메인에 따른 분류

시맨틱 도메인에 따른 온톨로지의 분류법

은 온톨로지들 간의 통합을 위한 상위 온톨 로지(upper ontology)에 대한 필요로부터 시 작되었다. 온톨로지가 정보에 의미를 부여하 기 위한 도구로서 사용되고, 각 도메인 온톨 로지는 한정된 범위의 도메인을 대상으로 만 들어진다. 그러므로 정확한 의미 전달을 위해 서, 서로 다른 대상 도메인을 가지는 온톨로 지들 간의 연결, 즉 개념과 관계들을 통한 매 핑 관계가 온톨로지의 이용에 있어 매우 중 요한 요소이다. 이종 온톨로지 간의 연결을 위한 하나의 접근 방법은 개별 도메인 온톨 로지를 구축하는 데 사용되는 기본 용어들을 대상으로 표준 상위 온톨로지를 구축하고 이 를 이용하는 것이다[20]. 상위 온톨로지는 실 세계를 구성하고 있는 모든 것을 대상으로 하지만 그 중 가장 일반적인 목적의 용어들 에 대한 정의만을 포함한다[22]. 따라서 더욱 특화된 도메인 온톨로지를 구축하는데 기반 으로서 사용되어 그들 간의 상호운용성을 높 이는 것이 상위 온톨로지의 대표적인 목적 중 의 하나이다[21]. 현재 연구 및 개발되고 있 는 상위 온톨로지는 Suggested Upper Merged Ontology(SUMO)[35], Upper Cyc Ontology[29], 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 관한연구가 존재한다[19]. 이는 서로 다른 도메인에 속하고 서로 다른 온톨로지를 이용하는사용자들 간의 협력을 위해 일시적인 온톨로지 공유가 필요할 경우, 상이한 온톨로지들

간의 매핑 및 통합을 통한 하나의 공유 온톨 로지를 구축하는 방법론이다.

본 연구에서는 상위 온톨로지의 개념과 전역 온톨로지의 개념을 확장하여, 온톨로지를 다음 <그림 2>와 같이 4개의 시맨틱 도메인계층으로 나누어 분류한다. <그림 2>의 예는 SBVR을 가정하여 계층 별로 분류한 것이다.

	Ontology	Example
ayer	Domain Independent Ontology	SBVR Common Vocabulary
Semantic Domain Layer	Domain Dependent Ontology	SBVR
antic De	Domain Specific Ontology	EU-Rent, Asia-Rent
Sem	Domain Integrated Ontology	EU-Asia-Rent

〈그림 2〉시맨틱 도메인에 따른 온톨로지의 분류

도메인 독립 온톨로지(domain independent ontology)는 상위 온톨로지와 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 도메인독립 온톨로지를 확장하여 구축된다. 도메인독립 온톨로지를 구성하는 개념과 관계는 넓고 다양한 영역의 도메인을 지원하기 위해 기본적이고 보편적이어야 한다. 따라서 도메인독립 온톨로지의 개념과 관계는 포괄적이고, 추상적이며, 철학적인 것에 국한된다[34].

도메인 종속 온톨로지는 도메인 독립 온톨

로지와 도메인 특화 온톨로지 간의 가교 역할을 하며, 하위 계층의 온톨로지들에 대해 표준을 제공하는 참조 온톨로지의 역할을 한다. 즉, 도메인 독립 온톨로지에 속하는 개념과 관계들 보다 더욱 구체적인 개념들을 포함하면서, 도메인 특화 온톨로지들 간의 연결관계에 있어 도메인 독립 온톨로지와 같이기본 용어들에 대한 의미를 제공한다. 다만, 도메인 독립 온톨로지가 모든 도메인에 대한지원이 필수적인 반면에, 도메인 종속 온톨로지는 반드시 모든 도메인을 지원할 필요가없다.

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.

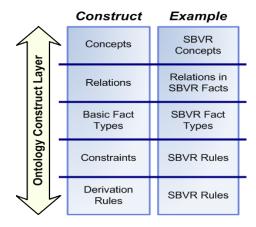
도메인 통합 온톨로지(domain integrated ontology)는 앞서 설명한 전역 온톨로지와 같은 개념으로, 도메인 특화 온톨로지들 사이의 견고한 의미 공유를 넘어, 완전한 상호운용성의 보장을 위해 한정된 범위 내의 도메인 특화 온톨로지들을 결합하여 만들어지는 온톨로지이다. 즉, 도메인 종속 온톨로지에서 정의된 기본 용어들에 대한 정의들과 더불어통합 대상인 개별 도메인 특화 온톨로지를 내의 용어들을 하나의 온톨로지에 결합하여, 관계된 각 도메인 특화 온톨로지의 사용자들이 그 도메인 통합 온톨로지를 참조하게 함

으로써, 그들 간의 상호운용성을 보장한다.

예를 들자면, 전기를 기계적 에너지로 변 환시키는 장치인 '전동기(motor)'의 개념은 포 괄적이거나 추상적인 개념이라 보기 힘들지 만, 또한 아주 구체적인 도메인 영역에만 속 하는 개념이 아니라 '자동차'라는 일반 도메인 내에서는 공통적 의미로 사용될 수 있는 개 념이므로 도메인 종속 온톨로지에 포함된다고 볼 수 있으며, 이러한 '전동기'에 대한 정의를 내리기 위해 필요한 '회전(rotation)'의 개념은 충분히 일반적이고 추상적인 개념이므로 도 메인 독립 온톨로지에 포함시킬 수 있다. 그 리고 '자동차 공장 A'와 '자동차 공장 B'라는 온톨로지 사용자들이 그들만의 도메인 특화 온톨로지를 각각 구축한다고 가정하였을 때, '전동기' 또는 '회전'이 공통적으로 그 온톨로 지들에 포함될 수 있다. 이러한 경우, 공통의 특정 도메인 독립 온톨로지 혹은 도메인 종 속 온톨로지에 정의된 '회전' 및 '전동기'의 개념을 그대로 사용함으로써 관련 도메인 특 화 온톨로지 간에 공통적으로 그 의미가 공 유될 수 있다. 그러나 도메인 특화 온톨로지 에는 공통적인 개념 외에 각 온톨로지 별로 특화된 개념들이 포함될 수 있다. 예를 들어, 자동차 공장 A와 자동차 공장 B가 서로 협 력하려 한다고 가정할 때, '자동차 공장 A'에 서는 '밀링 기계', '자동차 공장 B'에서는 '다 축 선반'을 사용하는 등 특화된 개념들이 존 재할 경우 이들 도메인 간 상호운용에 방해 가 될 수 있다. 이러한 경우를 위해, '밀링 기 계'와 '다축 선반' 등을 도메인 통합 온톨로지 에 결합함으로써 그러한 문제를 해결할 수 있다.

3.3 온톨로지 구성요소에 따른 분류

온톨로지의 기본적인 구성요소는 개념과 그 개념들 사이의 관계이다. 여기에 개념과 관계 들 사이의 연관관계를 보다 명확히 표현하기 위하여 로직이 추가된다[4]. 이러한 로직이 포함된 온톨로지를 로직 기반 온톨로지라 부 르며, 로직이 포함되지 않은 온톨로지를 비 로직 기반 온톨로지라 부른다. 이처럼 로직이 온톨로지의 구성요소로서 포함되는가의 여부 는 온톨로지의 목적과 온톨로지를 바라보는 관점에 따라 달라질 수 있지만, 비록 명칭은 다르더라도 개념과 관계가 기본 구성요소로 포함된다는 것은 다양한 온톨로지 연구에서 공통된 인식이다. 이는 다양한 형태와 목적으 로 존재하는 온톨로지들에 대해 공통적으로 내재된 구성요소 양태들을 추출해 낼 수 있 음을 시사하는 것이며, 이에 따라 본 논문에 서는 다음 <그림 3>과 같이 온톨로지를 5가 지의 구성요소로 구분하였다. <그림 3>의 예 는 SBVR을 가정하여 구성 요소 계층 별로 분류한 것이다.



〈그림 3〉 구성요소에 따른 온톨로지의 분류

각 구성요소들은 다음과 같이 정의 된다[13].

- 개념(concepts) : 온톨로지의 적용 도메인 에서 공통으로 사용하는 기본적이고 추상적 인 생각(ideas)이며 단어 또는 숙어로 표시 된다. 예) 다리, 인간, 지구
- 관계(relationship) : 개념과 개념 사이를 관 계 짓는 상태(state)나 방법(way)으로서 술 어(predicate)로 표현된다. 예) 가지다, 산다
- 기본사실형(basic fact type) : 근본적인 문 장들 또는 사실(fact)들로서 개념과 관계로 서 만들어진다. 예) 가지다(인간, 다리)→ [인간은 다리를 가진다], 산다(인간, 지구) →[인간은 지구에 산다]
- 제약(constraints) : 사실형들에 적용되는 제 한으로서 실제 만들어지는 인스턴스들의 타 당성을 보장하고 검증하는데 사용된다. 예) 가지다(인간, 다리{==2})→[인간은 다리가 2개이다], 산다(인간{max < 100억}, 지구)→ [인간은 최대 100억명 이하로 지구에 산다]
- 유도규칙(derivation rules) : 여러 가지 사 실들로부터 새로운 사실을 유도하기 위한 규 칙(rule), 함수(function), 또는 연산자(operator)들을 의미한다. 예) (유도규칙)만약 인 간이면 다리가 2개이다, (유도규칙)만약 인 간이면 지구에 산다, (사실)남자는 인간이다 →(유도사실)남자는 다리가 2개이다, (유도 사실)남자는 지구에 산다

비 로직 기반 온톨로지는 개념, 관계, 기본 사실형의 3가지 구성요소를 가지며, 로직 기 반 온톨로지는 추가적으로 제약과 유도규칙 의 구성요소를 갖는다. 이러한 온톨로지의 구 성요소에 따른 분류는 온톨로지 구축 과정에 서 추출된 온톨로지를 구성하는 내용들을 표

현 및 코딩 시에 적절한 온톨로지 언어의 선 택에 참고 기준이 될 수 있다. 예를 들어, 개념 과 관계만 필요하다면 Resource Description Framework(RDF)[42] 혹은 토픽맵(Topic Maps) [17] 등을 선택하여 온톨로지를 표현할 수 있 으며, 5가지 구성요소가 모두 필요하다면 Web Ontology Language(OWL)[41], Object Role Modeling(ORM)[14] 등을 선택하여 표현할 수 있다. 또한 기존 온톨로지의 통합 시, 서로 대 칭되는 구성요소들 간의 통합을 통해 통합의 효율과 간결성을 높일 수 있다. 예를 들어, 여 러 개의 온톨로지를 하나의 온톨로지로 결합 하여 새로운 온톨로지를 구축하고자 할 때, 각 온톨로지들의 구성요소가 구분되어 있음 으로 인하여 개념은 개념 별로, 관계는 관계 별로 직관적으로 통합시킬 수 있다.

4. 온톨로지 아키텍처

앞서 설명한 3가지의 분류법들의 채택은 온톨로지 통합과 온톨로지들 간의 상호운용 성 확보에 개별적인 장점을 제공한다. 먼저 메타계층에 따른 분류는 문법적인 측면의 분 류법으로서 온톨로지 아키텍처 상에서 이종 온톨로지 언어 간의 상호운용을 가능하게 함 으로써 구현 레벨의 온톨로지 통합을 가능하 게 하는 기반 역할을 한다. 예를 들면, 현재 가장 널리 쓰이는 온톨로지 표현 언어들인 OWL과 토픽맵으로 표현된 온톨로지의 경우, 다방면에서 연구되고 있는 M2 계층에서의 두 언어 간 매핑 방식[6, 9, 40]을 통해 언어 들 간의 상호운용성 확보를 노릴 수 있다. 시 맨틱 도메인에 따른 분류는 공통된 도메인

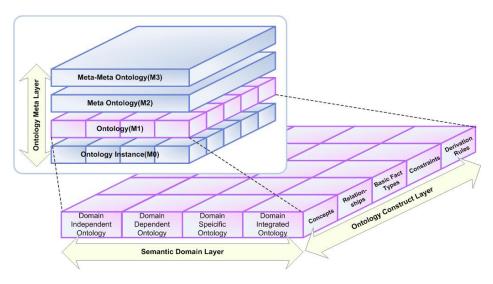
독립 온톨로지 혹은 도메인 종속 온톨로지에 기반하여 도메인 특화 온톨로지들을 구축하 고 이들을 결합하여 도메인 통합 온톨로지를 구축하는 프레임워크를 유도한다. 이로써 온 톨로지 용어의 통합 및 그 의미상 모호성의 제거를 통해 온톨로지 간 상호운용성을 향상 시키게 되며 구체적인 이종 도메인 간 협력 방법론을 제시하는 장점을 갖는다. 그리고 부 가적으로 온톨로지 구축 과정 중 해당 온톨 로지에 포함될 개념 및 관계들을 추출하는 단 계에서 적용 도메인의 범위를 명확히 하고 구 체화할 수 있다. 이는 불필요한 개념과 관계 들이 포함되지 않도록 함으로써 온톨로지의 간결성을 향상시키는 효과가 있다. 온톨로지 구성요소에 따른 분류는 온톨로지의 통합 시, 구성요소 별 매핑을 통하여 통합의 정확성을 높임으로써 상호운용을 용이하게 한다. 즉, 앞서 언급한 바와 같이 개념과 개념 간, 혹은 관계와 관계 간의 통합을 통해 직관적인 통 합을 가능하게 하며, 불필요한 구성요소의 배 제를 통하여 통합의 효율성을 높여준다.

그러나 이들 분류축들은 다음과 같이 서로 밀접한 연관관계를 가지고 있으며, 그러한 연 관관계로 인해 각 분류축에 대한 종합적인 고려가 없을 시, 온톨로지 통합에 있어 여러 가지 문제점을 발생시킬 수 있다.

• 메타계층과 시맨틱 도메인 계층:시맨틱 도메인 계층에 의해 유도되는 온톨로지 통합 프레임워크는 시맨틱 도메인 계층의 분류축에서 각 계층에 속하는 온톨로지들이 서로 병합 관계를 가지게 만든다. 그러한병합 관계는 이종 온톨로지 표현 언어로 구축된 온톨로지 간의 병합을 포함하므로, 메타계층을 통한 문법적 상호운용성이 없

- 이는 온톨로지 통합에 있어서 문법적인 불 완전성을 초래할 수 있다.
- 메타계층과 온톨로지 구성요소 계층 : 온톨로지 언어의 선택은 구축될 온톨로지에 포함될 구성요소를 한정하기도 한다. 예를 들어, 온톨로지 언어들 중 토픽맵의 경우, 현재 제약이나 유도규칙과 같은 구성요소는 표현할 수 없도록 설계되어 있다. 따라서 온톨로지 구성요소에 대한 고려가 없이는 메타계층을 통한 문법적 상호운용 또한 불가능하며, 이는 온톨로지 통합 과정에 큰방해 요소가 된다.
- •시맨틱 도메인 계층과 온톨로지 구성요소계층:시맨틱 도메인 계층에 의해 유도되는 온톨로지 통합 프레임워크에서, 온톨로지 구성요소에 대한 명시적인 구분이 없이는 특정 구성요소들 간 형태의 유사성으로인해 통합된 온톨로지에서 의도하지 않은 구성요소로서 오용될 소지가 있다. 예를 들어, 제약의 경우 일반적으로 기본사실형을바탕으로 만들어지므로 그 형태가 개념과관계의 조합 형태로서 유사할 수 있다. 이러한 경우, 통합 온톨로지에서 의도하지 않은 구성요소로서 사용될 가능성이 있다.

본 논문에서는 위와 같은 문제점을 방지하기 위해 각 분류축에 대해 종합적으로 고려할 수 있도록 온톨로지 아키텍처를 제시한다. 본 논문에서 제시하는 온톨로지 아키텍처는 다음 <그림 4>와 같이, 문법적 기반으로서의 메타계층에 의미적 상호운용을 위한 시맨틱도메인 계층과 온톨로지 구성요소 계층을 유기적으로 조화시킨 하나의 전체적인 분류법이다.



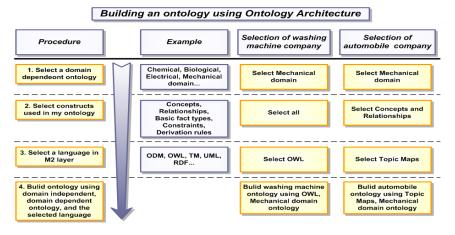
〈그림 4〉온톨로지 아키텍처

5. 온톨로지 아키텍처 적용의 예

온톨로지 아키텍처의 유용성을 보여주기 위한 예로서 전자상거래 환경에서 제품에 관한 개별 온톨로지들을 구축하고 이종 도메인 온톨로지들의 통합을 통해 온톨로지 사용자 기업 간 협력을 지원하는 간단한 시나리오를 제시한다.

5.1 온톨로지 아키텍처에 기반한 온톨로 지 구축 과정

먼저, 본 논문에서 제시하는 온톨로지 아키 텍처에 기반한 온톨로지 구축 과정의 예를 다음 <그림 5>와 같이 나타내어 보았다. <그림 5>의 예는 세탁기 및 자동차 기업의 제품 온 톨로지 구축을 가정한 것이다.

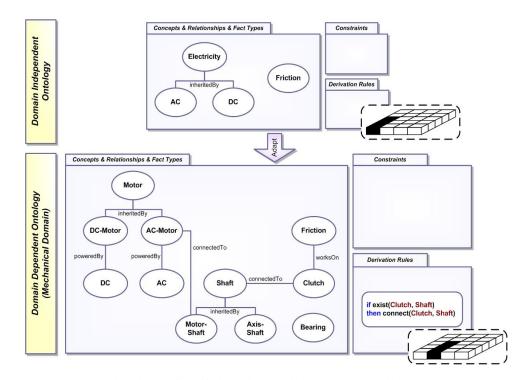


〈그림 5〉 온톨로지 아키텍처를 이용한 온톨로지의 구축 과정

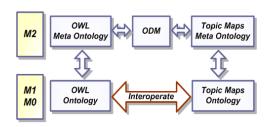
위의 온톨로지 구축 과정을 상세히 설명하 자면 다음과 같다.

- 1) 구축하려는 도메인 특화 온톨로지가 참조할 도메인 종속 온톨로지를 선택한다. 본 시나리오에서는 세탁기 또는 자동차 제품 온톨로지의 구축을 가정하므로, <그림 6>과 같이 하나의 도메인 독립 온톨로지를 적용하여 만들어진 기계 분야의 도메인 종속 온톨로지를 선택한다. 점선 내의 그림은 온톨로지 아키텍처 상에서 각 온톨로지의 위치하는 영역이다. 이를 통해 개별온톨로지의 특성을 쉽게 파악할 수 있다.
- 2) 구축하고자 하는 온톨로지의 구성요소들을 선택한다. 세탁기 제품 온톨로지의 경우 모든 구성요소가 필요하고 자동차 제품 온톨로지의 경우에는 개념과 관계만

- 필요하다고 가정하였다.
- 3) 구축하고자 하는 온톨로지를 표현하기 위한 언어를 선택한다. 온톨로지 표현 언어들 간의 상호운용성을 확보하기 위해, 관련 표준인 Ontology Definition Metamodel(ODM)[26]에 의해 상호변환이 가능한 온톨로지 표현 언어들 중에서 온톨로지 언어를 선택한다. 다음 <그림 7>과 같이 ODM은 온톨로지 아키텍처의 온톨로지 메타계층 중 M2 계층을 통해 온톨로지 표현 언어들 간 상호운용성을 지원한다. 세탁기 제품 온톨로지의 경우 모든 구성요소를 표현할 수 있도록 OWL을 선택하여 표현하기로 하였으며, 자동차 제품 온톨로지의 경우 토픽맵을 이용하여 온톨로지를 표현하기로 하였다.



〈그림 6〉 기계 분야를 위한 도메인 종속 온톨로지의 예



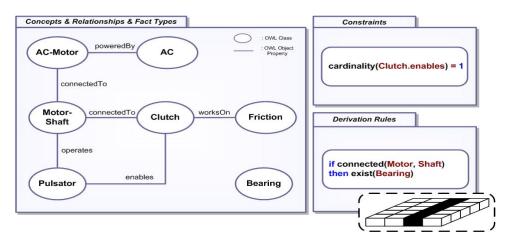
〈그림 7〉 ODM과 메타계층을 이용한 온톨로지 언어 상호운용

4) 선택된 언어들을 이용하여 각각의 도메인

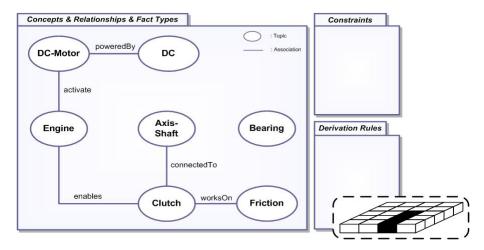
특화 온톨로지를 표현한다. 다음 <그림 8>과 <그림 9>는 각각 세탁기와 자동차 제품에 관하여 구축된 도메인 특화 온톨로지들을 나타낸 그림이다.

5.2 온톨로지의 통합을 통한 협력의 예

생성된 세탁기와 자동차 제품에 대한 도메 인 특화 온톨로지들의 통합을 통해 양측 사



〈그림 8〉 세탁기 제품에 대한 도메인 특화 온톨로지의 예

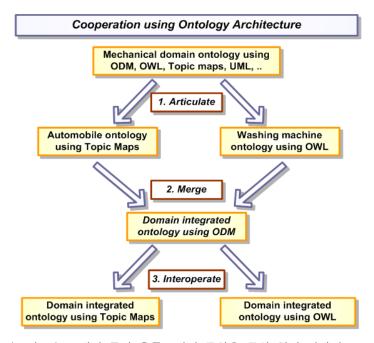


〈그림 9〉 자동차 제품에 대한 도메인 특화 온톨로지의 예

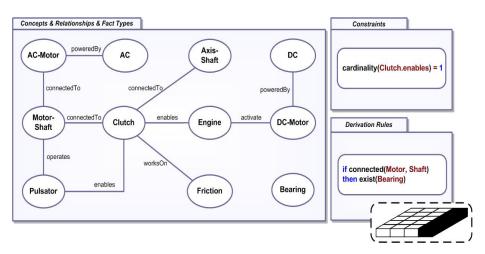
용자 기업 간 협력을 지원하는 시나리오는 다음 <그림 10>과 같다.

이에 관한 상세한 설명은 아래와 같다.

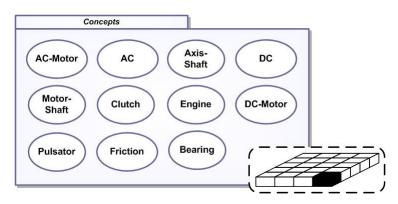
- 1) 도메인 종속 온톨로지는 그 도메인의 도메 인 특화 온톨로지의 구축 시, 참조 및 기반 온톨로지로서 사용된다. 이 과정에 사용된 도메인 종속 온톨로지는 도메인 특화 온톨 로지들에 공통적으로 사용됨으로 인하여 상호운용성을 향상시킬 수 있다. 5.1장의 과정을 통해 세탁기 및 자동차 제품에 관 런된 도메인 특화 온톨로지가 구축되었다.
- 2) 그러나 도메인 특화 온톨로지에는 도메인 종속 온톨로지에 포함된 구성요소들 외에 부가적인 구성요소들이 포함될 수 있으므 로, 이종 도메인 특화 온톨로지들 간에 완벽 한 상호운용을 보장하지 못한다. 따라서 이
- 를 지원하기 위해 공통의 도메인 통합 온 톨로지를 구축하는 것이 필요하다. 이러한 도메인 통합 온톨로지는 통합의 목적에 따른 온톨로지 구성요소를 결정하여 온톨 로지 언어의 호환성을 위하여 ODM으로 표현된다. 본 시나리오에서 만들어진 도메 인 통합 온톨로지는 다음 <그림 11>, <그 림 12>와 같다. <그림 11>은 통합 시 모 든 구성요소를 포함한 경우이며 <그림 12> 는 통합 시 개념들의 통합만 필요한 경우의 모델이다. 이러한 구성요소 별 통합은 불 필요한 정보를 배제함으로써 통합된 온톨 로지의 효율성을 높일 수 있다.
- 3) ODM으로 표현된 도메인 통합 온톨로지는 해당 도메인 특화 온톨로지에 사용된 언어 들로 변환 될 수 있으므로 각 도메인의 사 용자 기업들은 공통된 온톨로지를 바탕으



〈그림10〉 도메인 특화 온톨로지의 통합을 통한 협력 시나리오



〈그림 11〉본 시나리오를 위한 도메인 통합 온톨로지의 예-모든 구성요소



〈그림 12〉본 시나리오를 위한 도메인 통합 온톨로지의 예-개념들

로 협력을 위한 정확한 의사소통을 할 수 있다.

6. 결 론

온톨로지는 사람들 사이의 정확한 의사소 통을 돕고, 시스템들 간의 상호운용성을 달성 하기 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 문법적인 불완전성이나 의미적인 오용과 같이 의도하지 않은결과를 초래한다. 이에 본 논문에서는 온톨로지들을 체계화하는 전체적인 틀로서 온톨로지 아키텍처를 제시하였다.

제안된 온톨로지 아키텍처는 1)온톨로지 표

현 언어 관점을 반영한 MDA 기반 메타계층에 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 3개의축으로 이루어져 있으며, 각각의 축은 기존에부분적으로 제시되었던 개별 분류법들을 확장 혹은 통합하여 체계적으로 계층화되었다.

통합된 3가지의 분류법들은 특성에 따라 크게 문법적인 측면의 분류와 의미적인 측면 의 분류로 나눌 수 있다. 온톨로지 아키텍처 는 그러한 2가지 특성 별로 온톨로지 간 통 합을 지원하는 것과 각 분류축의 통합으로 인한 시너지 효과를 장점으로 가진다. 온톨로 지 아키텍처는 1)문법적인 측면의 분류를 통 해 상이한 온톨로지 표현 언어들 간의 상호 운용성을 얻을 수 있고, 2)의미적인 측면의 분 류를 통해 온톨로지 통합의 정확성, 간결성, 효율성을 높인다. 또한 온톨로지 아키텍처는 3)온톨로지 통합에 있어 문법적인 불완전성 이나 온톨로지 구성요소의 의미적인 오용과 같은 문제점이 발생할 소지를 제거한다. 이와 같은 장점들을 통해 온톨로지 아키텍처는 향 후 온톨로지 통합 관련 연구에 견고한 기반 을 제공할 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] A Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering Website, http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html.

- [2] Alasoud, A., Haarslev, V., and Shiri N., "A Hybrid Approach for Ontology Integration," In Proceedings of the VLDB Conference, Trondheim, Norway, 2005.
- [3] Bezivin, J., Devedzic, V., Djuric, D., Favreau J., Gasevic, D., and Jouault, F., "An M3-Neutral infrastructure for bridging model engineering and ontology engineering," In Proceedings of the Interoperability of Enterprise Software and Applications(INTEROP-ESA 2005), Geneva, Switzerland, 2005, pp. 159-172.
- [4] Bittner, T., Donnelly, M., and Winter, S., "Ontology and Semantic Interoperability," In book: Large-Scale 3D Data Integration, CRCPress, London, 2005.
- [5] Calvanese, D., Giacomo, G., and Lenzerini, M., "A framework for ontology integration," In book: The emerging semantic web, IOS Press, Amsterdam, 2002.
- [6] Cregan, A., "Building Topic Maps in OWL-DL," In Proceedings of the Extreme Markup Languages 2005, Montreal, Canada, 2005.
- [7] Duric, D., Gasevic, D., and Devedzic, V., "Ontology Modeling and MDA," Journal of Object Technology, Vol. 4, No. 1, 2005, pp. 109–128.
- [8] Duric, D., "MDA-based Ontology Infrastructure," Computer Science and Information Systems, Vol. 1, No. 1, 2004, pp. 91-116.

- [9] Garshol, L., "Living with topic maps and RDF," Ontopia Whitepaper, http:// www.ontopia.net/topicmaps/materials /tmrdf.html#N69, 2003.
- [10] Gruber, T., "A translation approach to portable ontology specification," Technical Report KSL92-71, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 1992.
- [11] Gruber, T., "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing," Technical Report KSL 93-04, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 1993.
- [12] Guarino, N., "Formal Ontology in Information Systems," In Proceedings of Formal Ontology in Information Systems(FOIS 1998), Trento, Italy, 1998, pp. 3–15.
- [13] Halpin, T., Information Modeling and Relational Databases: From Conceptual Analysis to Logical Design, Morgan-Kaufmann, San Francisco, 2001.
- [14] Halpin, T., "Object-Role Modeling: an overview," ORM Whitepaper, http://www.orm.net/pdf/ORMwhitePaper.pdf, 2001.
- [15] Herre, H. and Loebe, F., "A Meta-on-tological Architecture for Foundational Ontologies," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3761, 2005, pp. 1398-1415.
- [16] Institute for Formal Ontology and Medical Information Science Website,

- http://www.ifomis.uni-saarland.de/.
- [17] ISO/IEC, "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, 2002.
- [18] Jasper, R. and Uschold, M., "A framework for understanding and classifying ontology applications," In Proceedings of the IJCAI99 Workshops on Ontologies and Problem-Solving Methods, Stockholm, Sweden, 1999.
- [19] Kent, R., "The Information Flow Foundation for Conceptual Knowledge Organization," In Proceedings of the 6th International Conference of the International Society for Knowledge Oranization(ISKO), Toronto, Canada, 2000, pp. 111–117.
- [20] MITRE, "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, 2004.
- [21] Niles, I. and Pease, A., "Origins of The IEEE Standard Upper Ontology," In Proceedings of the IJCAI-2001 Workshop on the IEEE Standard Upper Ontology, Seattle, USA, 2001, pp. 37-42.
- [22] Niles, I. and Pease, A., "Towards a Standard Upper Ontology," In Proceedings of the 2nd International Con-

- ference on Formal Ontology in Information Systems(FOIS-2001), Ogunquit, USA, 2001, pp. 2-9.
- [23] Noy, N. and Hafner, C., "The State of the Art in Ontology Design-A Survey and Comparative Review," AI Magazine, Vol. 36, No. 3, 1997, pp. 53-74.
- [24] Object Management Group, "MDA Guide Version 1.0.1," OMG Document: omg/2003-06-01, http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf, 2003.
- [25] Object Management Group, "Meta Object Facility(MOF) Specification Version 1.4," OMG Document: formal/20 02-04-03, http://www.omg.org/docs/formal/02-04-03.pdf, 2002.
- [26] Object Management Group, "Ontology Definition Metamodel Request For Proposal," OMG Document: ad/2003-03-40, http://www.omg.org/docs/ad/03-03-40.pdf, 2005.
- [27] Object Management Group, "Semantics of Business Vocabulary and Business Rules(SBVR) Revised Submission to BEI RFP br/2003-06-03," OMG Document: bei/2005-08-01, http://www.omg.org/docs/bei/05-08-01.pdf, 2005.
- [28] Object Management Group, "Unified Modeling Language: Superstructure Version 2.0," OMG Document: formal/2005-07-04, http://www.omg.org/docs/formal/05-07-04.pdf, 2005.
- [29] OpenCyc Website, http://www.open

- cyc.org/.
- [30] Pahl, C., "Layered Ontological Modelling for Web Service-Oriented ModelDriven Architecture," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3748, 2005, pp. 88–102.
- [31] Pinto, H. and Martins, J., "A Methodology for Ontology Integration," In Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture, Victoria, Canada, 2001, pp. 131–138.
- [32] Pisanelli, D., Gangemi, A., and Steve, G., "Ontologies and Information Systems: The Marriage of the Century?,"
 In Proceedings of the LYEE Workshop, Paris, France, 2002.
- [33] Seidewitz, E., "What Models Mean," IEEE Software, Vol. 20, No. 5, 2003, pp. 26–32.
- [34] Standard Upper Ontology Working Group Website, http://suo.ieee.org/.
- [35] Suggested Upper Merged Ontology Website, http://ontology.teknowledge.com/.
- [36] The Enterprise Ontology Website, http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html.
- [37] The Gene Ontology Website, http://www.geneontology.org/.
- [38] The SUO Information Flow Framework Website, http://suo.ieee.org/IFF/.
- [39] Uschold, M. and King, M., "Towards a Methodology for Building Ontologies," In Proceedings of IJCAI95 Wo-

- rkshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal, Cana-
- [40] Vatant, B., "Ontology-driven Topic maps," In Proceedings of the XML Europe 2004, Amsterdam, Netherlands, 2004.

da, 1995.

- [41] W3C, "OWL Web Ontology Language Guide," W3C Recommendation, http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guid e-20040210/, 2004.
- [42] W3C, "RDF Primer," W3C Recommendation, http://www.w3.org/TR/20 04/REC-rdf-primer-20040210/, 2004.

저 자 소 개



이정수 2003년 2003년~현재 관심분야

(E-mail: isrhvme@postech.ac.kr) 포항공과대학교 산업공학과 (학사) 포항공과대학교 산업경영공학과 석박사통합과정 온톨로지, 비즈니스 프로세스 관리, 휴먼 인터렉션 관리, 경영혁신



채희권 1990년 1992년 1992년~2000년 2006년 2006년~현재 관심분야

(E-mail: hkchae@postech.ac.kr) 연세대학교 기계공학과 (학사) 연세대학교 기계공학과 (석사) 삼성전자(주) 포항공과대학교 산업공학과 (박사) 삼성SDS 온톨로지, 비즈니스 프로세스 관리, 경영혁신, SOC



김광수 1977년 1979년 1977년~1980년 1980년~1982년 1985년 1985년~1988년 1988년~현재 관심분야

(E-mail: kskim@postech.ac.kr) 서울대학교 공과대학 산업공학과 (학사) 서울대학교 공과대학 산업공학과 (석사) 한국섬유기술연구소연구원 Kansas Stae Univ. 연구원 Univ. of Central Florida 산업공학과 (박사) Rochester Institute of Technology 조교수 포항공과대학교 부교수/정교수 경영혁신, 경영전략, 서비스혁신, 엔터프라이즈 아키텍처, IT 서비스, 온톨로지



김철한 1984년 1986년 1993년 1987년~1989년 1993년~1995년 1999년~2000년

1995년~현재 관심분야

(E-mail: chkim@diu.kr) 한양대학교 정밀기계공학과 (학사) 한양대학교 정밀기계공학과 (석사) 포항공과대학교 산업공학과 (박사) 금성 S/W (현 LGCNS) 공장자동화실 삼성SDS SM전략실 영국 Loughborough 대학교 MSIRI(Manufacturing System Integration Research Institute) 객원 연구원

대전대학교 IT경영공학과 교수 가상기업, 비즈니스 프로세스 모델링, 엔터프라이즈 아키 텍처