

XOB: XMDR 기반의 온톨로지 생성 시스템 (XOB: An XMDR-based Ontology Builder)

이 석 훈 [†] 정 동 원 ^{**} 김 장 원 [†] 백 두 권 ^{***}
(Sukhoon Lee) (Dongwon Jeong) (Jangwon Kim) (Doo-Kwon Baik)

요약 인공지능, 시맨틱 웹의 분야에서 지식을 표현하고 의미적으로 연결하기 위해 온톨로지가 연구 되어 왔다. 그러나 온톨로지는 정의하는 사람의 의도와 지식 수준에 따라 다양하게 표현되고 정의될 수 있다. 이는 동일한 개념을 서로 다르게 표현하는 이질성 문제를 야기한다. 이 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 XMDR에 기반한 온톨로지 생성 시스템인 XOB(XMDR-based Ontology Builder)를 소개한다. XOB는 XMDR에서 정의한 클래스 및 클래스 간의 관계성 등을 재사용하여 온톨로지를 생성함으로써 생성된 온톨로지 간 의미 이질성 문제를 해결 또는 최소화 할 수 있다. 이 논문에서는 제안 시스템인 XOB의 개념 모델 및 전체적인 구조를 소개한다. 또한 XMDR에 등록된 개념들을 이용하여 온톨로지 생성 시 요구되는 프로세스, 알고리즘 및 온톨로지 생성 규칙 등을 정의한다. 제안 시스템은 기존 방법에 비해 높은 표준화를 제공하며 이는 일관성 있는 개념의 활용, 용이한 의미 교환 등의 장점을 제공한다. 따라서 XOB는 고품질의 온톨로지 생성을 가능하게 하며 온톨로지 통합 및 시스템 개발을 위한 비용을 감소시킨다.

키워드 : 시맨틱 웹, 온톨로지, 온톨로지 생성, 확장된 메타데이터 레지스트리

Abstract Much research on ontology has been done during the last decade in order to represent knowledge and connect data semantically in AI and Semantic Web areas. However, ontologies might be represented and defined in different ways depending on knowledge and intention of users. It causes heterogeneity problem that the same concept can be differently expressed. This paper introduces a XOB (XMDR-based Ontology Builder) system based on XMDR to resolve the problem. XOB creates ontologies by reusing classes and relations defined in XMDR. XOB therefore is able to either solve or minimize the heterogeneity problem among ontologies. This paper introduces the conceptual model and overall architecture of the proposed system XOB. This paper defines the process, algorithm, ontology generation rule that is required to create ontologies by using concepts registered in XMDR. Our proposal supports higher standardization than the previous approaches, and it provides many advantages such as consistent concept usage, easy semantic exchange, and so on. Therefore, XOB enables high-quality ontology creation and reduces cost for ontology integration and system development.

Key words : Semantic Web, Ontology, Ontology Building, eXtended Metadata Registry

* 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구이며(KRF-2008-314-D00485). 이 연구에 참여한 연구자의 일부는 '2단계 BK21사업'의 지원비를 받았음(공동책임자 : 고려대학교 백두권 교수, 군산대학교 정동원 교수)

[†] 학생회원 : 고려대학교 컴퓨터전파통신공학과
leha82@korea.ac.kr
ikaros1223@korea.ac.kr

^{**} 종신회원 : 군산대학교 정보통계학과 교수
djeong@kunsan.ac.kr

^{***} 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터전파통신공학과 교수
baikdk@korea.ac.kr
(Corresponding author임)

논문접수 : 2010년 5월 17일
심사완료 : 2010년 6월 19일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제9호(2010.9)

1. 서론

인공지능과 시맨틱 웹 등의 다른 많은 분야에서 지식 표현 및 정보 간 상호 의미적 연결 수단으로 온톨로지에 대한 연구가 진행되어 왔다[1]. 온톨로지에 대한 관심이 높아짐에 따라 W3C의 RDF, OWL, SKOS와 ISO의 Topic Map[2-5]과 같은 온톨로지 언어가 개발되었고, 온톨로지의 활용을 위한 다양한 기술 및 시스템들이 개발되어 왔다. 특히 잘 정의된(weil-defined) 온톨로지를 생성하기 위하여, 온톨로지를 정의하고 개발하는 방법인 온톨로지 공학, 온톨로지 개발 방법론 등의 많은 연구들이 이루어져 왔다. 잘 정의된 온톨로지는 온톨로지를 사용하는 사용자에게 정보의 이해 및 활용을 편리하게 도와주며, 지식의 보다 나은 공유 및 교환을 가능하게 한다[6-9].

지금까지 온톨로지의 구축, 활용 등을 위하여 다양한 편집기, 온톨로지 기술 언어, 저장소 및 추론 엔진들이 개발되었다. 이러한 기술들로 인하여 온톨로지의 구축이 용이해졌다. 그러나 구축된 온톨로지를 다양한 응용 시스템에 활용하기 위해서는 보다 풍부한 온톨로지가 필요하게 되었으며 이러한 요구에 따라 온톨로지의 학습과 확장에 대한 연구가 새로운 이슈로 대두되었다. 온톨로지의 학습 및 확장에 관한 연구는 크게 온톨로지 스키마에 대한 연구와 인스턴스에 대한 연구 2가지로 분류된다[10,11]. 이 논문에서는 온톨로지 인스턴스를 학습하고 확장하기 위하여 선행적으로 구축되어야 하는 온톨로지 스키마 생성에 초점을 둔다.

온톨로지 스키마를 구축하여 온톨로지 클래스의 인스턴스를 확장을 할 때, 온톨로지 스키마를 개발하는 사람들이 동일한 개념의 온톨로지를 각자 다르게 정의할 경우 의미적 이질성이 발생할 수 있고 이는 정보의 상호 운용성에 대한 효율을 저하 시킨다. 그러므로 온톨로지 스키마 생성 시 보다 보편적인 개념, 즉 표준화 된 공통 개념을 이용하여 이미 구축된 잘 정의된 온톨로지를 재사용하여 온톨로지 스키마를 구축한다면, 온톨로지 간의 의미적 이질성 문제를 해결하고 상호운용성을 향상시킬 수 있다.

이러한 문제의 해결을 위하여 [12]에서는 XMDR에 기반한 온톨로지 구축 방법을 제안하였다. XMDR(eXtended Metadata Registry)은 국제 표준인 ISO/IEC 11179 - 메타데이터 레지스트리(Metadata Registry, MDR)의 확장된 버전으로서, 메타데이터와 온톨로지 그리고 그들 간의 관계성까지 관리할 수 있는 확장된 메타데이터 레지스트리이다[13,14]. XMDR 시스템에서 관리되는 온톨로지 스키마들은 표준화된 공통 개념을 사용하며, 잘 정의되어 널리 사용되고 있음을 의미한다. 따라서 이

러한 온톨로지 스키마를 재사용하여 온톨로지 스키마를 생성 한다면 온톨로지의 품질과 상호운용성을 높일 수 있을 것이다.

그러나 앞서 언급된 연구에서는 온톨로지 스키마의 등록 및 관리에 대한 문제에 초점을 두었을 뿐, 실제 시스템에서 관리하는 공통 개념을 이용한 온톨로지 스키마 생성 방법에 대해서는 다루지 않는다. 따라서 이 논문에서는 기존 연구에서 제안한 XMDR에 기반한 온톨로지 구축 방법을 이용하여 저장소를 구축하고 온톨로지 스키마를 생성할 수 있는 XOB(XMDR-based Ontology Builder)를 소개한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 XMDR의 기본 구조 및 특징과 온톨로지의 구성 요소를 소개하며, 제3장에서는 XOB의 프레임워크와 구조를 기술한다. 제4장에서는 XOB를 이용하여 생성하는 온톨로지의 생성 프로세스를 기술하며, 제5장에서는 구현 및 평가에 대하여 기술한다. 마지막 제6장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

이 장에서는 온톨로지 스키마와 XMDR에 대하여 소개하고 관련 연구로 XMDR에 기반한 온톨로지 구축 방법을 기술한다.

2.1 온톨로지

온톨로지는 개념들의 집합을 개념 간 존재하는 관계를 명백히 기술함으로 지식을 표현한다. 이 논문에서 생성하고자 하는 온톨로지 스키마는 일반적인 온톨로지에 기반하며 가장 대표적인 온톨로지의 정의로 Gruber는 다음과 같이 온톨로지를 정의하였다[15].

“온톨로지는 공유하기 위한 개념들의 개념화를 형식적이고 명백하게 설명해 놓은 명세서이다.”

온톨로지는 그 언어와 표현 방법에 따라 다양한 구성 요소를 지니며, 이 논문에서 정의하는 일반적인 온톨로지의 온톨로지 스키마는 클래스, 속성, 관계, 데이터형식의 네 가지 구성 요소로 구성된다[10].

- 클래스(Class) - 같은 성질을 갖는 개념들을 그룹화하고, 공통성질을 논리적으로 표현하는 기능을 제공한다.
- 속성(Property) - 클래스의 특징을 기술하는 속성으로, 온톨로지 스키마에서는 클래스와 데이터형식을 연결해 주는 것으로 표현한다.
- 관계(Relation) - 클래스간 존재할 수 있는 특징을 나타내며, 속성이 클래스와 데이터형식을 연결해 주는 것으로 표현한다면, 관계는 클래스와 클래스를 연결해 주는 것으로 표현한다.
- 데이터형식(Datatype) - 어떤 클래스의 속성이 가질 수 있는 값의 형식을 나타낸다.

2.2 XMDR(eXtended Metadata Registry)

XMDR은 ISO/IEC 11179 메타데이터 레지스트리(Metadata Registry, MDR)의 확장된 버전으로, 메타데이터 및 온톨로지를 등록하고 관리하는 시스템이다.

XMDR 명세(Specification)는 XMDR의 표준 문서로 온톨로지의 등록과 관리를 위한 메타 모델을 제공하는 명세서이다. XMDR에는 크게 7가지 영역이 있다. 각 영역들은 크게 메타데이터 및 온톨로지를 등록하고 관리하기 위한 영역들과 온톨로지를 명명하고 정의하기 위한 영역들, 온톨로지들과 구성 요소 간 관계들을 표현하는 영역들과 데이터를 구체적으로 서술하는 영역들로 구분된다. 이 절에서는 7가지 영역들 중에서 온톨로지 스키마 생성에 관련된 2가지 영역에 초점을 맞추어 개념 시스템(Concept System) 영역과 데이터 서술(Data Description) 영역을 기술하고[16], XMDR의 한계점을 기술한다.

2.2.1 개념 시스템(Concept System) 영역

XMDR 시스템에서 관리하는 모든 데이터를 컨셉(Concept)으로 정의하고, 컨셉 간의 관계를 정의하는 영역으로 다음과 같은 구성 요소를 가진다.

- 컨셉(Concept) - 데이터가 가지는 특성들의 조합에 의해 생성되는 지식의 기본 단위를 나타내는 요소이다. 데이터 서술 영역의 7가지 구성 요소들이 이 기본 단위인 컨셉을 상속받는다. 이 후로, Concept은 XMDR에서 하나의 구성 요소를 뜻하며 일반적인 용어인 개념과 구분하기 위해 컨셉이라는 용어를 사용하여 기술한다.
 - 릴레이션(Relation) - 어떠한 개념 간의 관계를 나타내는 요소이다. 릴레이션은 관계에 대한 특성들의 조합에 의해 생성되는 지식의 기본 단위로 나타나므로 컨셉을 상속받는다. 이 후로, Relation은 2.1절에서 기술한 온톨로지 스키마의 구성 요소인 관계(Relation)와 구분하기 위하여 릴레이션이라는 용어를 사용하여 기술한다.
 - 릴레이션 역할(Relation Role) - 컨셉 간 관계성을 정의한 릴레이션의 역할을 나타낸다. 릴레이션 역할 역시 릴레이션과 마찬가지로 역할에 대한 지식의 기본 단위이므로 컨셉을 상속받는다.
 - 연결(Link) - 두 개 이상의 컨셉이 하나의 릴레이션에 대하여 각자의 릴레이션 역할로 연결되어 있는 것을 나타낸다. 연결은 하나의 릴레이션을 중심으로 그 릴레이션이 가질 수 있는 만큼의 연결점이라는 각 연결점을 가지게 된다.
 - 연결점(Link End) - 연결과 컨셉 간의 관계를 나타내는 구성 요소다. 하나의 연결에 대하여 각각의 컨셉은 릴레이션 역할과 짝을 이루어 나타낸다.
- 그림 1은 개념 시스템 영역의 구성 요소들에 대한 예

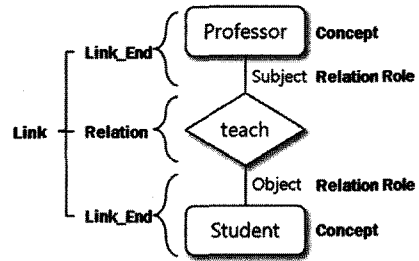


그림 1 개념 시스템 영역의 구성 요소

시를 나타낸다. 연결은 두 개의 연결점과 하나의 릴레이션을 가지는데, 'teach'라는 릴레이션은 'teach'와 관련이 있는 'subject'와 'object'라는 두 개의 릴레이션 역할을 가진다. 또 그림 1은 두 개의 연결점을 보이는데 릴레이션인 'teach'에 대하여 'subject'의 역할로서 'Professor'라는 컨셉을 가지는 연결점과 'object'라는 역할의 'Student'라는 컨셉을 가지는 연결점이 존재함을 알 수 있다.

2.2.2 데이터 서술(Data Description) 영역

데이터 서술 영역은 메타데이터가 가지는 의미와 개념 시스템에서 정의된 컨셉의 설명을 구체적으로 표현한다. 데이터 서술 영역은 Conceptual Domain(CD), Data Element Concept(DEC), Object Class(OC), Characteristic(Ch), Dimensionality(Dim), Unit of Measure(UM), Value Meaning(VM)과 같이 컨셉을 상속받는 7개의 구성 요소와 Data Element(DE), Value Domain(VD) 등과 같은 메타데이터를 구조적으로 표현하는 구성 요소들을 가진다. 데이터 서술 영역의 모든 구성 요소들은 서로 연관 관계에 있으며 컨셉을 상세하게 서술한다.

2.2.3 XMDR 시스템의 한계

XMDR 프로젝트를 진행하고 있는 미국의 Lawrence Berkeley National Laboratory에서는 XMDR의 표준화를 진행하고 프로토타입을 제공하고 있다. 그리고 여러 기관과 협력하여 방위 기술 정보 센터(DTIC) 시소러스, 국가 암 협회(NCI) 시소러스, 암 데이터 표준 레퍼지토리(caDSR), ISO 3166 국가 코드, 환경 데이터 레지스트리 데이터 요소(EDR Data Elements) 등의 데이터셋들을 XMDR 시스템에 적용시키는 연구를 진행 중이다[17].

이 논문에서는 XMDR의 메타 모델을 이용하여 만든 실제 시스템을 XMDR 시스템이라 정의한다. 온톨로지를 정의하거나 구축하는 기관들은 이 시스템을 이용하여 온톨로지들을 등록하며 등록된 온톨로지들은 XMDR에 정의된 데이터 생명주기에 따라 관리된다. 그러나 XMDR 시스템은 검색 등을 이용한 온톨로지를 제공할 뿐 사용자에게 재사용을 위한 온톨로지 생성 기능을 제공하지 않는다. 즉 XMDR 시스템에서 관리되는 온톨로

지는 시소러스, 레퍼지토리 등과 같이 온톨로지의 양이 방대하여 온톨로지를 그대로 사용하기에는 복잡하며 온톨로지의 재사용을 위한 편의성을 제공하지 않는다. 따라서 이 논문은 XMDR 시스템에서 관리되는 온톨로지를 그 개념과 관계성이 변화되지 않도록 재사용하여 온톨로지 스키마를 생성하는 시스템을 제안한다.

2.3 XMDR에 기반한 온톨로지 구축 방법

온톨로지를 구축할 때 XMDR 시스템에서 관리되는 표준화 된 공통 개념을 이용하여 온톨로지를 생성하면, 의미적인 상호운용성 및 온톨로지 구축에 필요한 비용을 줄일 수 있다. 따라서 [12]에서는 XMDR에 기반한 온톨로지 구축 방법을 제안하였다. 그러므로 [12]에 의해 제안된 방법을 기반으로 온톨로지를 구축할 경우 잘 정의된 온톨로지를 생성할 수 있으며, 도메인에 독립적이며, 높은 상호운용성을 가지는 온톨로지를 개발 할 수 있다. 그러나 [12]는 최근까지 진행되고 있는 XMDR의 표준 내용을 완전히 반영하지 않고 있으며, XMDR 명세에 기술되어 있는 메타 모델의 구성 요소와 온톨로지와의 사상 관계가 간략하게 기술되어 있다. 따라서 이 논문에서는 [12]에서 제안한 방법에 최근까지 진행된 표준 문서의 내용을 반영하고 구현하였다. 이 논문에서 제안하는 XMDR에 기반한 온톨로지 생성 방법은 3장과 4장에 자세히 기술한다.

3. XOB 시스템 구조

이 장에서는 제안하는 시스템인 XOB (XMDR-based Ontology Builder) 시스템의 프레임워크를 보이고 상세 구조를 기술한다.

3.1 프레임워크

그림 2는 XOB의 역할과 전체적인 프레임워크이다. XOB는 먼저 XMDR 시스템에서 등록 및 관리되고 있는 온톨로지를 이용하기 위하여 XMDR 명세(XMDR Specification)를 기반으로 시스템을 구현한다. 이 후 XOB의 온톨로지 생성 프로세스 및 XMDR의 구성 요소와 온톨로지 스키마의 구성 요소간 사상관계를 이용하여 온톨로지 스키마를 생성하고, 최종적으로 생성된 온톨로지 스키마는 클래스와 그의 속성 그리고 클래스

들 사이의 관계로 이루어지며, 앞 장에서 정의한 것과 같은 온톨로지 스키마의 구성 요소를 지닌다.

3.2 시스템 구조

이 절에서는 그림 2 프레임워크에서 XOB 시스템의 역할과 구조를 상세히 기술한다. 그림 3은 XOB의 구조와 각 구성 요소 간 관계를 보여준다. XOB는 XOB 저장소와 3개의 처리 모듈로 구성된다.

- XOB 저장소는 XMDR의 각 구성 요소를 관계형 데이터베이스 시스템의 테이블과 테이블 속성으로 구현한 것이며 이 관계형 데이터베이스 시스템의 테이블에 저장되어 있는 데이터들이 온톨로지 스키마로서 XMDR의 메타 모델에 맞게 저장된다. 온톨로지 스키마 생성하기 위해서는 이 XOB 저장소의 온톨로지 및 메타데이터가 이용된다. XOB 저장소는 3.3절에서 자세히 기술한다.
- XMDRImporter는 OntologyBuilder에서 호출되며 XOB 저장소에서 온톨로지 및 메타데이터를 가져오는 역할을 한다. 이 때 가져온 데이터는 XMDR에 정의된 구조를 지니며 OntologyBuilder에 전달된다. XMDRImporter는 XOB 저장소에 직접 접속하여 질의를 날려 필요한 정보를 얻는 함수, 즉 XOB 저장소와 소통을 위한 API와 받아들인 데이터를 XMDR에 정의된 구조로 구조화하기 위한 별도의 클래스를 제공한다.
- OntologyBuilder는 사용자에게 XOB 저장소에서 검색된 데이터를 XMDR의 온톨로지 구조에 맞게 보여주고 사용자가 원하는 온톨로지 스키마를 생성할 수 있게 결정을 내릴 수 있도록 도와준다. 사용자는 이 논문에서 제안하는 온톨로지 스키마 생성 절차에 따라 XMDR의 구성 요소들을 온톨로지 스키마의 구성 요소로 사상시켜 온톨로지 스키마를 생성한다. 즉 OntologyBuilder는 사용자가 XOB 저장소의 데이터를 이용하여 원하는 온톨로지 스키마를 생성 할 수 있도록 해주는 인터페이스 역할을 한다.
- OntologyStructure는 생성된 온톨로지 스키마를 표현한다. 사용자는 OntologyBuilder를 통하여 온톨로지 스키마를 생성할 때 OntologyStructure의 구조에 기반한다. OntologyStructure는 2장에서 기술한 온톨로

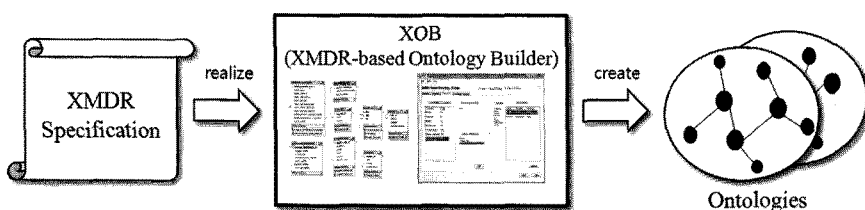


그림 2 XOB 프레임워크

지의 구성 요소와 구조를 지니며 클래스, 속성, 관계, 데이터타입으로 구성된다. 생성될 온톨로지 스키마의 구조는 각각의 구성 요소가 다른 구성 요소를 포함함으로 구성된다. 클래스는 속성을 포함하며, 속성은 데이터타입을 포함한다. 또 관계는 정의역(Domain)과 치역(Range)으로써 두 클래스를 포함한다.

XMDRImporter와 OntologyBuilder와 OntologyStructure은 각각 XOB 저장소에서 데이터를 검색하고 사용

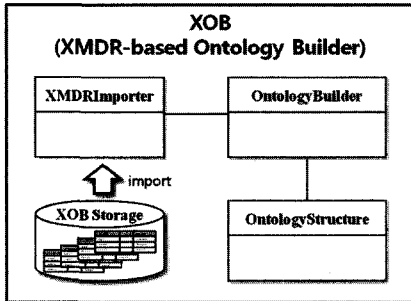


그림 3 XOB의 구조

자에게 온톨로지 스키마 생성의 편의를 제공하기 위한 인터페이스와 생성할 온톨로지 스키마의 구조를 제공한다. 3개의 처리 모듈들은 서로 연관되어 XOB 저장소를 이용하여 온톨로지 스키마를 생성하기 위한 동작을 한다. 3개의 처리 모듈들이 연관되어 동작하는 온톨로지 생성 프로세스는 4장에서 자세히 기술한다.

3.3 XOB 저장소 구조

이 절에서는 XMDR에 기반한 시스템을 이용하기 위하여 XMDR의 메타 모델을 관계형 데이터베이스 시스템으로 구현하는 방법을 기술한다. 먼저 메타 모델에서 각 클래스를 관계형 데이터베이스 시스템의 테이블로, 클래스의 속성들을 테이블 속성으로 정의한다. 그리고 다른 클래스들과의 관계는 외래키 참조무결성 관계를 이용하여 정의한다.

표 1은 XMDR의 메타 모델을 XOB 저장소로 구현하기 위하여 온톨로지 생성과 직접적으로 관련이 있는 XMDR의 두 영역인 개념 시스템 영역과 데이터 서술 영역을 관계형 데이터베이스 시스템의 테이블로 정의한 것이다.

표 1 XOB 저장소 구조: 데이터베이스 스키마 구조

```

Concept_System_DB = {Concept_System, Concept, Relation, Relation_Role, Link, Link_End}

Concept_System (concept_system_id, concept_system_notation, concept_system)
Concept (concept_id, source, concept)
Relation (relation_id, arity, concept, concept_source)
Relation_Role (relation_role_id, multiplicity, ordinal, source, concept, concept_source)
Link (link_id, relation, assertion, assertion_formula)
Link_End (link, end, role)

Data_Description_DB = { Object_Class, Characteristic, Conceptual_Domain, Data_Element_Concept,
Dimensionality, Value_Meaning, Unit_of_Measure, Data_Element, Value_Domain, Datatype }

Object_Class (object_class_id, concept, concept_source)
Characteristic (characteristic_id, concept, concept_source)
Conceptual_Domain (conceptual_domain_id, dimensionality, concept, concept_source)
Data_Element_Concept (data_element_concept_id, object_class, characteristic, domain, concept,
concept_source)
Dimensionality (dimensionality_id, coordinate_indicator, concept, concept_source)
Value_Meaning (value_meaning_id, value_meaning_begin_date, value_meaning_end_date,
containing_domain, concept, concept_source)
Unit_of_Measure (unit_of_measure_id, unit_of_measure, dimensionality, concept, concept_source)
Data_Element (data_element_id, data_element_precision, meaning, domain)
Value_Domain (value_domain_id, value_domain_data_type,
value_domain_maximum_character_quantity, value_domain_format, value_domain_unit_of_measure,
meaning)
Datatype (datatype_id, datatype_name, datatype_description, datatype_scheme, datatype_annotation)
    
```

4. 온톨로지 생성 프로세스

이 장에서는 온톨로지 스키마를 생성하는 절차를 기술한다. 먼저 전체적인 온톨로지 스키마 생성 절차를 기술한 후 각각의 프로세스를 기술한다.

XOB는 XOB 저장소의 데이터를 이용하여 4단계를 거쳐 온톨로지 스키마를 생성한다. 온톨로지 스키마의 생성 절차는 온톨로지 구축 방법론인 Ontology Development 101 [18]에 기반하며 XMDR에서 정의하고 있는 각각의 영역에 기반하여 상세 프로세스를 정의하였다.

그림 4는 XOB에서 온톨로지 스키마를 생성하는 4단계와 생성 결과의 예이다. 온톨로지 스키마를 생성하기 위하여 먼저 생성하고자 하는 영역과 범위를 선정한다. 대학교에 관한 온톨로지 스키마를 생성하기로 결정했다면 대학교에 관련한 개념 시스템을 선정한다. 'University'를 개념 시스템으로 선정했으면, 'University'가 지니는 용어들을 온톨로지 스키마로 정의될 후보(Candidate)로 선정한다. 그림 4에서는 대학교에서 교수와 학생과의 관계를 표현하는 온톨로지 스키마를 생성하기 위하여 개념 시스템인 'University'가 지니는 용어들 중에 'Person', 'Student', 'Professor', 'teach' 등을 후보로 선정하였다. 그 후 선정된 용어들을 이용하여 클래스와 관계로 정의한다. 즉 'Person', 'Student', 'Professor'는 온톨로지 스키마의 클래스로 정의하고, 'Professor'는

'Student'와 'teach'의 관계를 가지며 두 클래스 모두 클래스 'Person'과 'is-a'관계를 가진다. 각 클래스의 속성 및 데이터 타입 등의 상세를 정의한다. 클래스 'Person'은 'String'을 데이터 타입으로 하는 'name'이란 속성과 'Integer'를 데이터 타입으로 하는 'age'라는 속성을 가지도록 정의한다. 'Professor'와 'Student'는 각각 'Integer'를 데이터 타입으로 하는 'office_no'라는 속성과 'Integer'를 데이터 타입으로 하는 'student_id'라는 속성으로 가지도록 정의한다. 모든 단계를 마치면 온톨로지 스키마는 그림 4의 생성된 온톨로지 스키마로 표현된다.

4.1 개념 시스템(Concept System) 선정

온톨로지 스키마를 생성하기 위해서는 해당 온톨로지가 어떤 영역과 범위에 속해 있는지를 결정해야 한다. 그 이유는 온톨로지 스키마의 영역과 범위가 다를 경우 서로 다른 의미를 가지는 온톨로지가 되기 때문이다. XMDR에서 개념 시스템은 그 안의 데이터의 영역과 범위를 포함한다. 따라서 XOB는 개념 시스템을 선정함으로써 개념 시스템이 포함하는 영역과 범위를 기반으로 하여 생성하고자 하는 온톨로지 스키마의 영역과 범위를 결정한다.

4.2 후보(Candidate) 선정

이 단계에서는 생성할 온톨로지 스키마의 후보들을 선정한다. 개념 시스템의 구성 요소인 컨셉, 릴레이션, 연결들을 후보로 선정하게 되는데, 후보는 온톨로지를

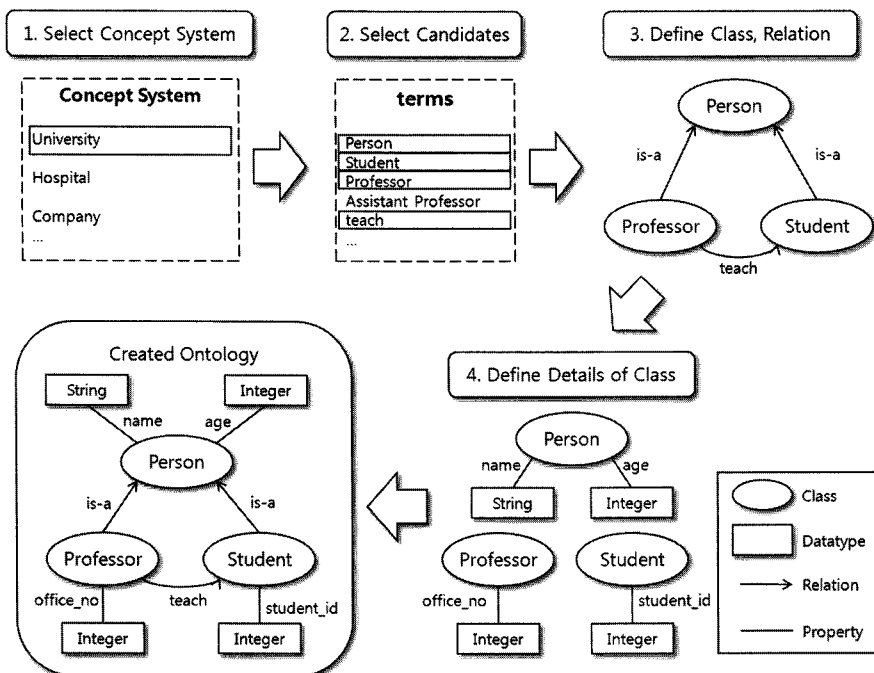


그림 4 온톨로지 생성 4단계와 생성 결과 예

생성할 때 사용할 용어들의 집합이다.

개념 시스템의 컨셉과 연결을 선택하여 각각 후보 컨셉과 후보 연결로 선정한다. 그 중 연결은 컨셉과 릴레이션, 릴레이션 역할을 모두 가지고 있기 때문에 하나의 연결로 후보 컨셉과 후보 연결 모두 선정 가능하다. 하나의 링크는 하나의 후보 연결이 되며 연결이 포함하는 컨셉은 자동으로 후보 컨셉으로 선정된다.

한편 컨셉은 데이터 서술 영역에서 그 특성에 따라 각 구성 요소로 상속되는데 어떤 구성 요소가 컨셉을 상속했는지 유형(Type)을 통하여 표현된다. 선정된 후보 컨셉 역시 유형을 포함한다.

4.3 클래스와 관계 정의

이 단계에서는 선정한 후보들을 이용하여 온톨로지 스키마의 클래스와 관계를 정의한다. 그림 1처럼 두 개의 컨셉은 하나의 릴레이션을 기반으로 연결된다. 이 때 컨셉 간의 관계 및 계층 관계(hierarchy)는 이 단계에서 온톨로지 스키마의 관계로 정의된다.

개념 시스템은 문장(Statement)으로 표현되는 일반적인 온톨로지와는 다르게 각 역할에 따라 릴레이션과 컨셉을 연결한다. 따라서 하나의 후보 연결에 대하여 온톨로지의 관계를 정의할 때 두 가지 경우의 수를 가진다. 후보 연결의 릴레이션을 표현할 때 어떤 릴레이션 역할이 먼저 표현되는가에 따라 달라지기 때문이다. 예를 들어 그림 1의 개념 시스템 영역의 구성 요소들을 온톨로지 스키마로 사상시키면 그림 5와 같은 표현이 가능하다. 개념 시스템 영역의 'Professor'와 'Student'는 릴레이션인 'teach'에 대한 역할에 따라 각각 주어가 될 수 있고, 서술어가 될 수도 있다. 그림 5는 'Student'가 주어가 되었을 때(①)와 'Professor'가 주어가 되었을 때(②)를 온톨로지 스키마에서 방향성의 차이로 표현한 예시이다. 예시에서는 개념 시스템 영역에서 'Professor'가 주어(Subject)로 역할이 정의되었기 때문에 ②로 정의한다.

하지만 실제 시스템은 두 릴레이션 역할인 'Subject'와 'Object'가 어떤 역할로 쓰이는지 알 수 없다. 이는 온톨로지 스키마는 주어, 서술어, 목적어의 방향성을 갖

는 문장 형식으로 표현 되지만 개념 시스템 영역에서는 릴레이션에 각 컨셉이 연결되어있어 방향성이 없기 때문이다. 따라서 사용자는 개념 시스템 영역을 기반으로 온톨로지 스키마를 표현하고자 할 경우 각 컨셉들에 대한 주어와 목적어를 결정해야 한다. 사용자는 개념 시스템에 정의되어 있는 그대로 주어와 목적어를 결정해주기만 하면 되므로 사용자가 직접 결정하는 단계에서 발생할 수 있는 이질성 문제가 발생되지 않는다.

4.4 클래스의 상세 정의

네 번째 단계는 앞 단계에서 정의된 클래스들의 속성과 그 속성의 데이터 타입, 그리고 정의된 클래스와 관련된 추가적인 클래스와 관계를 정의한다. 개념 시스템의 컨셉은 데이터 서술 영역의 7가지 구성 요소에서 상속하는데, 각 구성 요소의 특성에 따라 온톨로지 스키마에서 다르게 표현 될 수 있다. 데이터 서술 영역의 각 구성 요소는 온톨로지 스키마의 클래스, 속성, 관계, 데이터 타입으로 각각 사상된다. 즉 앞 단계에서 개념 시스템의 컨셉을 온톨로지 스키마의 클래스로 정의했다면, 이 단계에서는 데이터 서술 영역에서 이 컨셉을 상속받는 구성 요소와 다른 구성 요소간의 관계 혹은 구조를 온톨로지의 속성과 그 속성의 데이터 타입으로 정의한다.

그림 6은 데이터 서술 영역에서 구성 요소들이 온톨로지의 각 구성 요소로 사상될 때 어떤 관계를 가지는지를 보인다. 다음은 데이터 서술 영역의 각 구성 요소에 대한 정의와 온톨로지의 구성 요소에 따른 사상관계를 기술한다.

- Conceptual Domain(CD) - CD는 다양한 VD의 공통적인 의미를 가지므로 온톨로지 스키마의 클래스로 정의된다. 선택적으로 CD를 영역으로 가지는 VM이 온톨로지 스키마의 클래스로 정의되고 이 두 클래스는 'hasMember'의 관계로 정의된다. 또 CD가 지니는 Dim은 온톨로지 스키마의 클래스로 정의되고 두 클래스는 'hasDimensionality'로 관계로 정의된다.
- Value Meaning(VM) - VM은 온톨로지 스키마에서 구체적인 개념을 위한 클래스로 정의된다. VM은 CD에 포함되는 개념이기 때문에 CD와 'hasMember'라는 관계가 선택적으로 정의된다.
- Dimensionality(Dim) - Dim은 UM의 집합으로 구성되므로 온톨로지 스키마의 클래스로 정의한다. 또 CD는 Dim을 속성으로 지니므로 CD와 'hasDimensionality'라는 관계로 정의가 가능하다.
- Object Class(OC) - OC는 수많은 인스턴스를 가질 수 있는 일반적인 개념이므로 온톨로지 스키마의 클래스로 정의한다.
- Characteristic(Ch) - Ch는 특정 값을 지니므로 온톨로지 스키마의 속성으로 정의된다. 혹은 이 Ch가 DEC

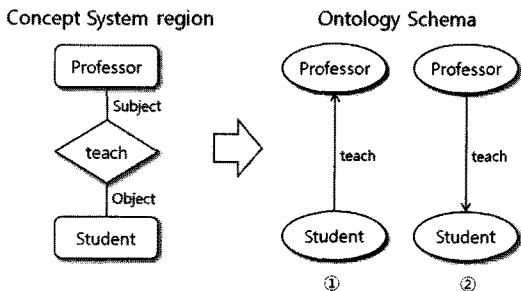


그림 5 개념 시스템 영역과 온톨로지의 사상

에서 OC와 CD사이의 관계를 표현하였다면 온톨로지 스키마의 관계로 정의된다.

- Data Element Concept(DEC) - DEC는 OC와 Ch를 지니며 CD 및 DE와 연관 관계를 가진다. 그러나 DEC는 각각의 요소를 연관시킬 뿐 특별히 이 자체가 온톨로지 스키마의 어떤 구성 요소로 사상되지 않는다.
- Unit of Measure(UM) - XMDR에서는 VM이 Datatype과 함께 UM을 가진다. 이는 VD 자체가 실질적인 데이터들과 타입 그리고 값의 단위까지 가지고 있는 것을 의미한다. 그러나 일반적으로 온톨로지의 데이터 타입은 단위를 지니지 않으므로 XMDR를 그대로 구현할 수 없다. 따라서 이 논문에서는 [10]의 표현을 따라 온톨로지 스키마의 속성에 값의 단위를 추가함으로써 이 문제를 해결했으며, 그림 6에서 UM의 화살표가 Ch의 중간에 합쳐 온톨로지 스키마의 속성으로 사상되는 그림은 Ch의 뒤에 UM이 더해져 정의됨을 의미한다.
- Value Domain(VD) - VD는 온톨로지 스키마의 데이터 타입으로 정의된다. VD는 DE와의 관계를 통해 온톨로지의 속성이 지니는 데이터 타입으로 정의된다.
- Data Element(DE) - DE는 DEC와 VD를 연결하는 역할을 할 뿐 특정한 온톨로지 스키마의 구성 요소로 사상되지 않는다. 즉 DE는 DEC와 VD를 찾아 OC와 Ch를 VD로 연결시켜주는 역할을 한다.

그림 7은 데이터 서술 영역에서 각 구성 요소들이 온톨로지의 구성 요소로 변환되었을 때의 예시를 보인다. 컨셉 'Person'은 데이터 서술 영역에서 OC로 상속되므로, 'Person'을 OC로 지니는 DEC를 검색하여 이와 연관관계를 가지는 DE와 CD를 참조하여 'String'을 데이터 타입으로 하는 'name'이라는 속성과, 'cm'를 단위로 하고 'Float'를 데이터 타입으로 하는 'height'라는 속성, 클래스 'Nations'를 목적으로 하는 'nationality'라는 관계로 정의한다. 이 때 'height(cm)'라는 속성은 DE를 참조하여 'height'라는 Ch와 'cm'라는 UM이 합쳐져 정의 된 것이다. 'Nations'는 CD이므로 'Nations'가 지니는 Dim인 'area'를 목적으로 하는 'hasDimension-

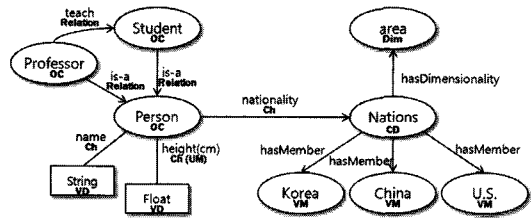


그림 7 각 구성 요소에 따른 온톨로지 변환 예

ality' 관계를 지니며, CD가 가질 수 있는 구체적인 값인 VM인 'Korea', 'China', 'U.S.'등과 'hasMember' 관계를 지닌다.

5. 구현 및 평가

이 장에서는 제안 시스템인 XOB의 실제 구현 사례를 보이고 생성된 온톨로지 특성을 중심으로 시스템 간 비교 평가 내용을 기술한다.

5.1 XOB 저장소를 위한 스키마 생성

XOB 저장소에서 관리되는 데이터들을 가져와 온톨로지 생성하기 위하여 XMDR의 메타 모델에 맞게 구현되어 직접적으로 데이터 수집이 가능한 시스템이 필요하다. 따라서 이 논문에서는 XMDR의 메타 모델을 관계형 데이터베이스 시스템으로 구현한 XOB 저장소를 먼저 개발하였는데 상속 관계를 제외한 이 메타 모델에서 정의된 관계들은 외래키 참조무결성 관계를 이용하여 구현되었고, 상속관계는 상속 받는 하위 테이블이 상위 테이블의 모든 속성을 포함하는 것으로 구현되었다.

그림 8은 XMDR에서 개념 시스템 영역의 테이블과 외래키 참조무결성 관계를 나타낸다. 테이블 'Concept'은 'concept'과 'source'라는 테이블 속성을 포함하는데 'concept'은 XMDR의 컨셉이 지니는 개념을 문자로 표현된 속성이고 'source'는 컨셉이 어떤 개념 시스템에 포함되는지를 외래키 참조무결성 관계로 표현된 속성이다. 또 테이블 'Link'는 테이블 'Relation'을 뜻하는 'relation'이란 속성을 가지고 있으며 테이블 'Link_End'는 하나의 연결에 대한 컨셉과 그 릴레이션 역할로서 각각 'end'와 'role'이라는 속성을 가진다. 이 때 하나의 연결에 대한 연결점은 2개 이상 존재한다.

그림 9는 데이터 서술 영역을 테이블과 외래키 참조무결성 관계로 구현한 것을 보인다. 이 영역에서 컨셉을 상속받는 7가지 구성 요소들은 컨셉을 외래키 참조무결성 관계로 표현하지 않고 테이블 'Concept'이 지니는 속성인 'concept'과 'concept source'를 각자 포함하는 것으로 표현된다. 데이터 서술 영역의 모든 구성 요소들이 컨셉을 상속 받지 않지만 온톨로지 생성 프로세스에서 이 영역의 모든 데이터를 이용하여 온톨로지를 생성한다.

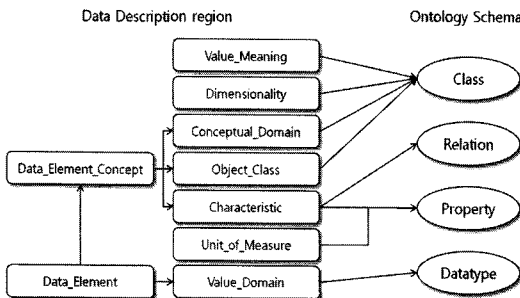


그림 6 데이터 서술 영역과 온톨로지의 사상관계

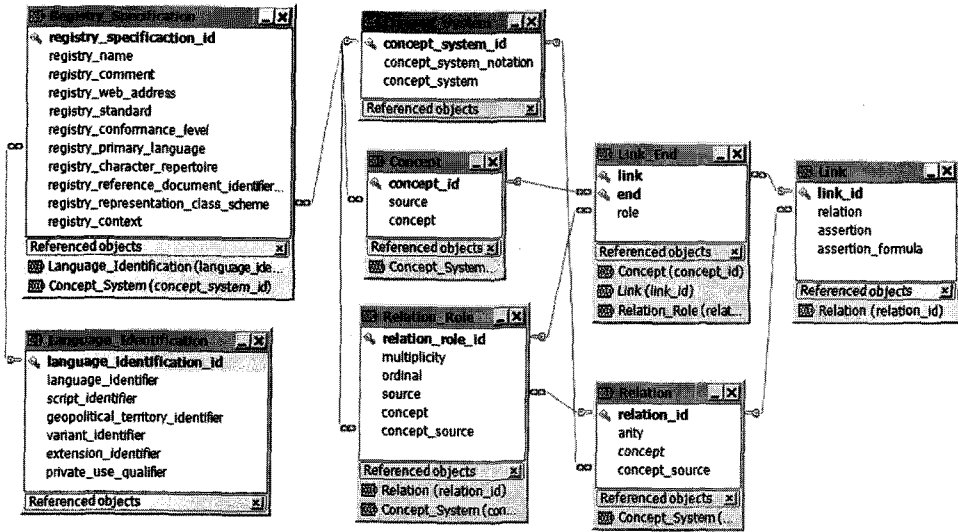


그림 8 Concept System 영역의 구현

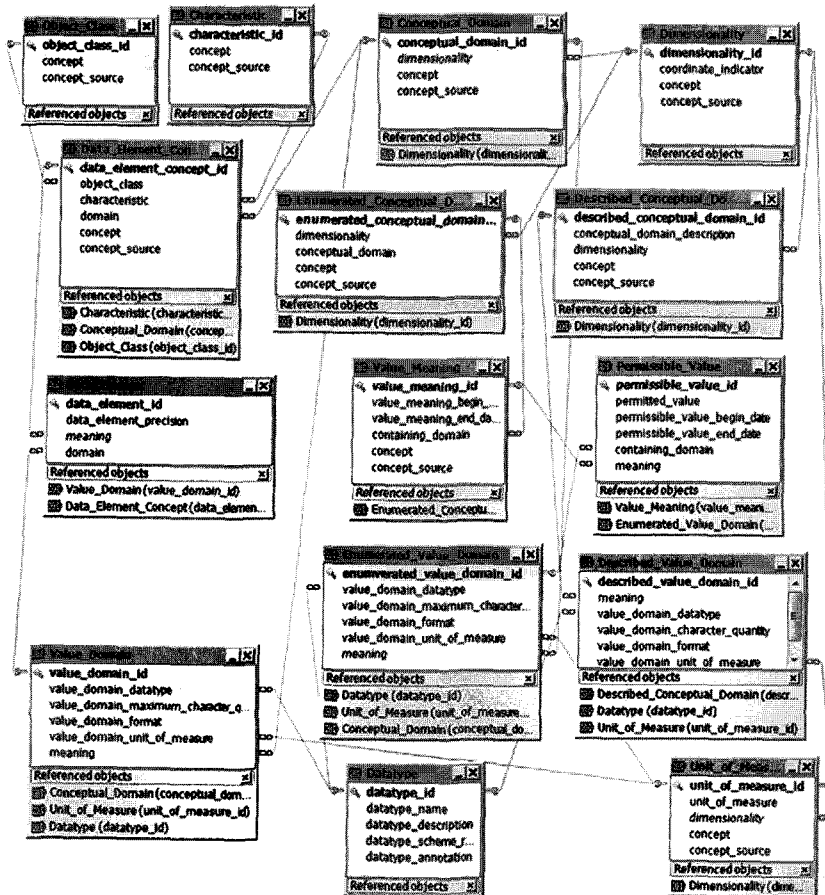


그림 9 데이터 서술 영역의 구현

5.2 시스템 구현 화면

이 절은 온톨로지 스키마 생성의 4단계에 따른 XOB의 온톨로지 스키마 생성 프로세스를 실제 화면과 함께 기술한다.

• Process-1: 개념 시스템(Concept System) 선정

생성할 온톨로지의 영역을 결정했으면 해당 영역의 개념 시스템을 찾아 선정한다. 그림 10에서는 대학 온톨로지 스키마를 생성하기 위해서 화면의 오른쪽 위의 Process-1의 개념 시스템을 'Univ-bench Ontology'로 선정하였다.

• Process-2: 후보 선정

그림 10에서 가운데 화면은 Process-2를 보인다. 온톨로지 스키마로 생성하기 원하는 요소들을 컨셉들(Concepts)과 연결들(Links)에서 각각 후보 컨셉(Candidate Concept)과 후보 연결(Candidate Link)로 선정한다. 이때 유형(Type)은 컨셉을 상속받는 7개의 하위 구성 요소를 의미한다.

그림 10에서 연결들의 'teach {Professor(subject), Student(object)}'가 선택되었고, 이 연결이 후보 연결로 선정되면서 그 안의 'Professor'와 'Student'는 자동으로

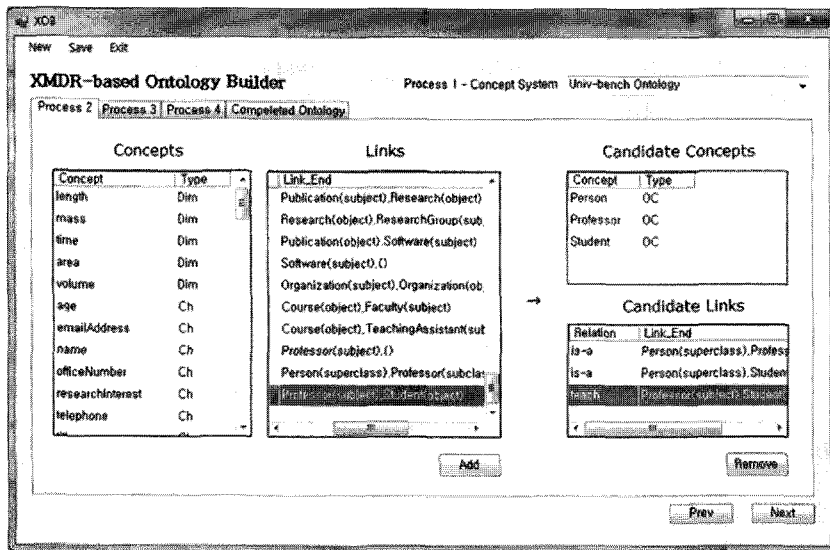


그림 10 Process-1과 Process-2의 구현 화면

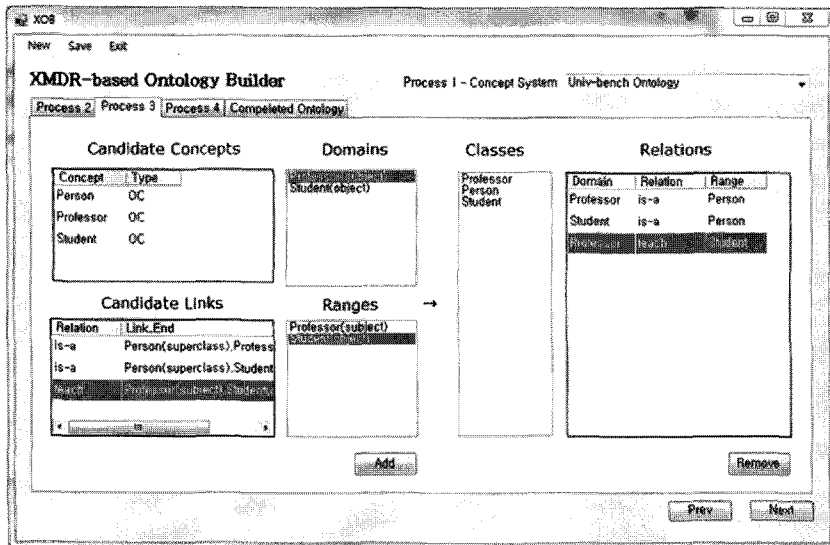


그림 11 Process-3의 구현 화면

후보 컨셉으로 선정되었다.

• Process-3: 클래스와 관계 정의

그림 11은 Process-3의 구현화면으로 선정된 후보에서 온톨로지 스키마의 클래스와 관계를 정의하는 것을 보인다. 원하는 후보 컨셉을 선택하여 클래스를 정의하고, 후보 연결을 선택하여 Domain과 Range를 설정하면, 그 후보 연결이 포함하는 릴레이션은 온톨로지의 관계로 사상되며 설정한 정의역(Domain)과 치역(Range)은 각각 주어와 목적어로서 관계를 정의한다. 각 후보마다 이러한 작업을 하는 것으로 온톨로지 스키마의 클래스와 관계들이 정의된다.

그림은 후보 연결인 'teach (Professor(subject), Student (object))'에서 정의역을 'Professor'로, 치역을 'Student'로 설정함으로써 온톨로지서 정의역을 'Professor', 치역을 'Student'로 표현되는 관계가 정의됨을 볼 수 있다.

• Process-4: 클래스의 상세 정의

후보 컨셉과 유형을 이용하여 온톨로지 스키마에서 클래스의 속성과 데이터 타입을 정의한다. Process-3에서 생성하지 못한 클래스와 관계가 추가로 생성된다. 그림 12는 Process-4가 구현된 화면이다.

그림 12와 같이 Process-4에서는 후보 컨셉에서 정의하고 상세할 컨셉을 선택한다. 각 컨셉은 유형에 따라 데이터 서술 영역에서 어떤 데이터 혹은 온톨로지 스키마가 그 개념, 속성 혹은 어떤 값을 가지게 되는지 등으로 구체화 된다. 이를 이용하여 온톨로지 스키마 클래스의 속성과 데이터 타입, 추가적인 관계를 정의한다.

그림은 CD를 상속받는 'Nations'라는 후보 컨셉을 선택하였을 때 이 'Nations'와 관련된 Dim과 VM을 보고

'Nations'에 관련된 상세 관계가 정의됨을 보인다. 이와 마찬가지로 후보 컨셉 중 하나가 선택되었을 때 그 유형에 따라 선택할 수 있는 데이터가 바뀌게 되어 앞에서 기술한 관계에 의해 온톨로지 스키마가 생성된다.

• 생성된 온톨로지 스키마

그림 13은 모든 프로세스를 거쳐 완성된 온톨로지 스키마를 보여준다. 완성된 온톨로지는 크게 클래스와 속성과 관계를 가진다. 그 중 특정 클래스의 속성은 데이터 타입을 가지며, 관계는 그 범위를 정의역과 치역으로 두 클래스를 가지며 표현된다.

5.3 평가

이 절에서는 이 논문에서 제안한 시스템과 기존의 관련 연구에서 제안한 시스템들과의 평가를 수행하였다.

사용자 정의 온톨로지 생성 시스템은 사용자가 직접 개념을 정의하여 온톨로지 스키마를 생성하는 시스템으로 전문가들은 주로 온톨로지 구축 방법론과 온톨로지 개발 툴 등을 이용하여 온톨로지 스키마를 생성한다 [6,8,18]. 이 시스템은 온톨로지 생성을 위한 지침과 툴을 사용하여 온톨로지 스키마를 생성하지만 같은 개념을 각기 다른 용어와 구조로 정의하므로 온톨로지 간 이질성이 발생하며 공통 개념을 사용하지 않아 다른 사용자가 이해하기 어렵다. 따라서 사용자 정의 온톨로지 생성 시스템에서 생성된 온톨로지 스키마의 품질이 낮다. 예를 들어 어떤 사용자가 교수라는 개념을 'Professor'라는 클래스로 정의했을 때 다른 사용자는 같은 개념을 'Prof.' 혹은 '교수'라는 클래스로 정의할 수 있다. 또 교수의 소속을 'Department'라는 속성으로 정의할 수도 있고 'Dept.'라는 클래스와 연결하는 관계로 정

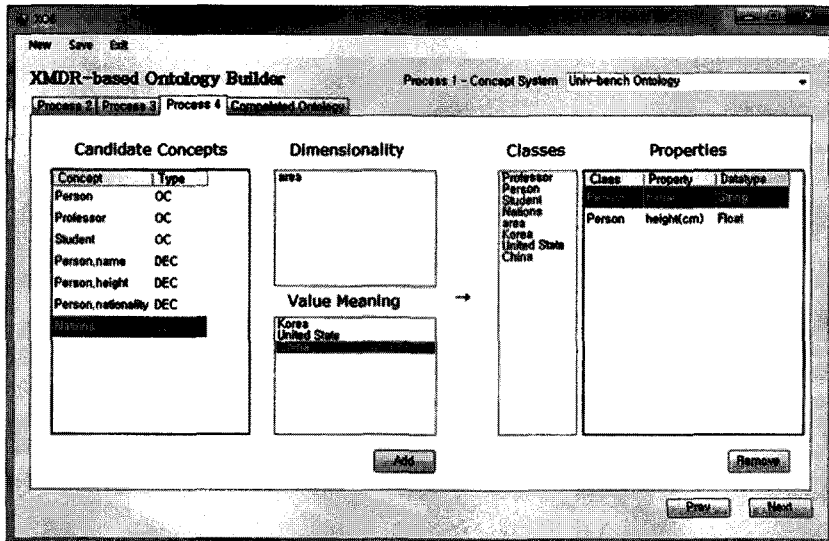


그림 12 Process-4의 구현화면

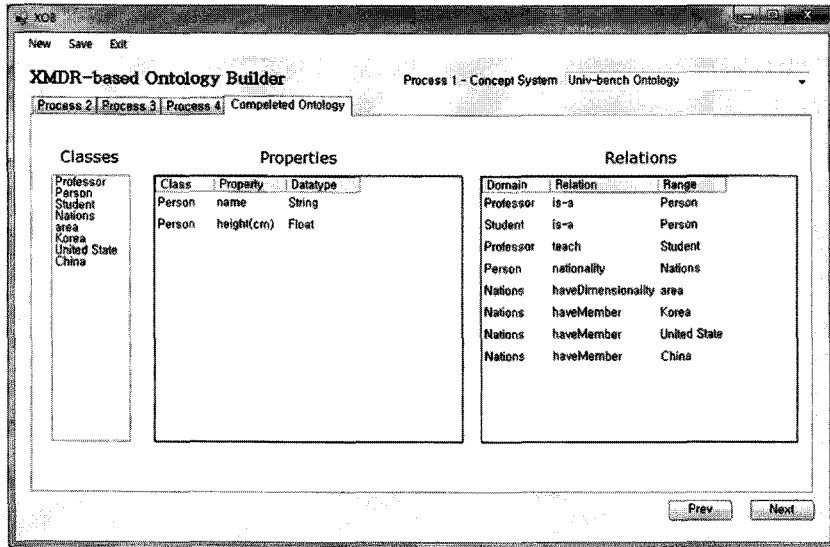


그림 13 생성된 온톨로지 스키마

표 2 시스템 간 비교 평가표

시스템 \ 항목	표준화 레벨	온톨로지 품질	의미 교환의 용이성	표현의 자율성	온톨로지 구조	생성의 편의성
사용자 정의 온톨로지 생성 시스템	낮음	낮음	낮음	높음	보통	낮음
제안 시스템(XOB)	높음	높음	높음	낮음	간결	높음
XMDR 시스템	높음	높음	높음	낮음	복잡	N/A

의할 수도 있다. 이러한 온톨로지 스키마의 불일치는 온톨로지의 일관성 또한 저하 시키며 온톨로지 스키마 간 통합을 위해 많은 비용을 발생시킨다. 따라서 온톨로지 스키마의 불일치는 의미 교환의 용이성을 저하시키는 요인이 된다. 반면 사용자 정의 온톨로지 생성 시스템은 공통 개념을 사용하는 것이 아닌 사용자 개인이 각자 정의하는 것이므로 사용자의 목적에 따라 자유롭게 표현하여 생성할 수 있다. 사용자의 의도와 지식 수준에 따라 온톨로지 스키마를 정의하므로 온톨로지 스키마의 구조는 복잡할 수도 있고 간결할 수도 있다. 그러나 온톨로지 용어의 선정, 구조 설계 등의 작업을 사용자가 직접 해야 하므로 생성 편의성이 낮다.

제안 시스템(XOB)의 경우에는 표준화 된 공통 개념을 이용하여 온톨로지 스키마를 생성하므로 다른 사용자 간에도 용어와 구조가 통일되어 온톨로지 간 이질성 문제가 발생하지 않으며 온톨로지의 이해도 쉽다. 따라서 생성된 온톨로지 스키마는 그 품질이 높다. 일관된 공통 개념을 사용하여 온톨로지 스키마의 통합을 위한 비용도 적게 들어 의미 교환의 용이성 또한 높다. 반면 표준화 된 공통 개념을 이용하여 온톨로지 스키마를 생성하므로 사용자가 자율적으로 용어와 구조를 정의 할

수 없으므로 표현의 자율성은 낮다.

XMDR 시스템은 방대한 양의 온톨로지로 인해 원하는 온톨로지만 선정하여 간결하게 온톨로지 스키마로 구축하는 제안 시스템과는 달리 복잡한 구조 그대로를 사용해야 한다. 또한 XMDR 시스템은 온톨로지 등록 및 관리 기능만을 제공할 뿐 온톨로지 스키마를 생성하는 기능을 제공하지 않는다. 이는 사용자에게 온톨로지 생성을 위한 편의성을 제공하지 않음을 뜻한다. 반면 XMDR을 기반으로 한 제안 시스템은 XMDR 시스템의 장점을 그대로 수용할 뿐 아니라 공통 개념을 이용한 온톨로지 생성 기능을 제공한다. 따라서 사용자가 보다 용이하게 온톨로지를 생성할 수 있다. 이는 등록된 공통 개념에 대한 활용성을 향상시키며, 따라서 XMDR에 등록된 온톨로지의 재사용성을 극대화 할 수 있다는 장점을 지닌다.

6. 결론 및 향후 연구

온톨로지 스키마는 생성하는 사람에 따라 동일한 개념의 온톨로지를 각자 다르게 정의할 경우 의미의 이질성이 생길 수 있는 문제가 있다. XMDR은 메타데이터 및 온톨로지를 등록하고 관리하기 위한 국제 표준으로

XMDR 시스템에서 관리되는 온톨로지는 잘 정의된 온톨로지라 할 수 있다. 따라서 XMDR 시스템에서 관리되는 온톨로지를 이용하여 온톨로지 스키마를 생성하면 생성된 온톨로지 스키마 역시 잘 정의된 온톨로지 스키마가 되고 상호운용성에 대한 효율이 높아진다.

이 논문은 온톨로지 스키마의 높은 품질과 상호운용성을 가지기 위해 XOB(XMDR-based Ontology Builder)라 명명한 XMDR에 기반한 온톨로지 스키마를 생성하는 시스템을 제안하고 구현하였다. 먼저 XMDR의 메타모델을 구현하여 관계형 데이터베이스 시스템의 테이블과 참조무결성 관계로 이루어진 XOB 저장소를 구축한다. 그 후 XOB 저장소에서 관리되고 있는 데이터를 이용하여 개념 시스템 선정, 후보 선정, 클래스와 관계 정의, 클래스 상세 정의의 4단계의 온톨로지 스키마 생성 절차를 거쳐 온톨로지 스키마를 생성한다.

XOB의 타당성 평가를 위해 XOB는 구현된 화면을 이용하여 온톨로지 스키마가 제대로 생성됨을 보였으며 XOB를 이용하여 생성된 온톨로지 스키마의 정성 평가로 XMDR 시스템 및 사용자 정의 온톨로지 생성 시스템과 비교하여 온톨로지 품질이 높고 간결하며 의미 교환이 용이하다는 장점을 지님을 알 수 있었다.

향후 연구로 XOB를 이용한 온톨로지 스키마 생성 절차의 효율성과 생성된 온톨로지에 대한 정량적인 평가에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] M. C. Daconta, L. J. Obrst, K. T. Smith, *The Semantic Web : A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*, Wiley Publishing, Indiana, 2003.
- [2] W3C, Resource Description Framework, <http://www.w3.org/RDF/>, 2009.
- [3] W3C, Web Ontology Language, <http://www.w3.org/2004/OWL/>, 2009.
- [4] W3C, SKOS Simple Knowledge Organization System, <http://www.w3.org/2004/02/skos/>, 2009.
- [5] S. Shin, D. Jeong, D. Baik, "Translating Topic Maps to RDF/RDF Schema for The Semantic Web," *Journal of Research and Practice in Information Technology*, vol.41, no.33, Aug. 2009.
- [6] R. Mizoguchi, M. Ikeda, "Towards Ontology Engineering," *The Institute of Scientific and Industrial Research*, Technical Report AI-TR-96-1, I.S.I.R., Osaka University, 1996.
- [7] J. Yang, "Ontological Engineering for the Semantic Web," *Journal of KIISE*, vol.21, no.3, Mar. 2003. (in Korean)
- [8] K. Ryu, "A Research on Web Ontology Development Guideline," *National Information Society Agency*, Technical Report NCA IV-RER-04059, Dec. 2004. (in Korean)
- [9] S. Choi, J. Kim, R. Jung, J. Bae, C. Hong, S. Choi, "Analysis and comparison of ontology development methodologies: based on CMM-I version 1.1 Maturity Level 2 and 3," *Journal of KIISE : Software and Applications*, vol.36, no.5, Dec. 2007. (in Korean)
- [10] P. Cimiano, *Ontology Learning and Population from Text : Algorithms, Evaluation and Applications*, Springer Science+Business Media, New York, 2006.
- [11] H. Jeong, D. Baik, D. Jeong, "An Ontology Population Model based on ISO/IEC 11179," *Journal of KIISE : Databases*, vol.36, no.5, Oct. 2009. (in Korean)
- [12] S. Lee, D. Jeong, D. Baik, "A Method of Building Ontology based on XMDR," *Proc. of The 36th KIISE Fall Conference*, vol.36, no.2(C), pp.129-134, 2009. (in Korean)
- [13] ISO/IEC JTC1/SC32, ISO/IEC 11179 Metadata Registries(MDR) Part 1~6, 2003~2005.
- [14] Lawrence Berkeley National Laboratory, XMDR Project Web site, <http://xmdr.org>, 2005.
- [15] T. R. Gruber, "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing," *International Journal Human-Computer Studies*, vol.43, Mar. 1993.
- [16] ISO/IEC JTC1/SC32, ISO/IEC 11179 Metadata Registries(MDR) Part 3, 3rd Edition. 2009.
- [17] Lawrence Berkeley National Laboratory, <https://hpcrd.lbl.gov/SDM/XMDR/contentlist.html>, 2007.
- [18] N. F. Noy, D. L. McGuinness, "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology," *Stanford Knowledge Systems Laboratory*, Technical Report KSL-01-05, Stanford Medical Informatics, Technical Report SMI-2001-0880, Mar. 2001.



이 석 훈

2009년 고려대학교 전자 및 정보공학부 졸업(학사). 2009년~현재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정. 관심분야는 시맨틱 웹, 온톨로지, 데이터 마이닝, 메타데이터 레지스트리



정 동 원

1997년 군산대학교 컴퓨터과학과 이학사 1999년 충북대학교 전산학과 이학석사 2004년 고려대학교 컴퓨터학과 이학박사 1998년 전자통신연구원 위촉연구원. 1999년~2000년 ICU 부설 한국정보통신교육원 GIS 분원 전임강사. 2000년~2001년

(주)지구넷 부설 연구소 선임연구원. 2002년~2005년 라임 미디어 테크놀로지 부설 연구소 연구원. 2004년~2005년 고려대학교 정보통신기술연구소 연구조교수. 2005년 Pennsylvania State University PostDoc. 2002년~2004년 TTA 표준화위원회-데이터연구회(SG08.02) 특별위원. 2004년~현재 TTA 표준화위원회-메타데이터표준화 프로젝트 그룹(PG406) 위원. 2005년~현재 군산대학교 정보통계학과 교수. 2006년~현재 데이터관리서비스 전문위원회(ISO/IEC JTC1/SC32 Mirror Committee) 위원. 2008년~현재 지리정보 전문위원회 (ISO/TC211 Mirror Committee) 위원. 2009년~현재 TTA 표준화위원회-NGIS 프로젝트그룹(PG409) 위원. 2010년~현재 인터넷윤리실천협회 이사. 2010년~현재 ICDL Korea 교수위원. 2010년~현재 전북지역 과학기술정보협의회 위원. 2010년~현재 한국과학기술정보연구원 자문위원. 2010년~현재 한국컴퓨터교육학회 이사 관심분야는 데이터베이스, 시맨틱 웹, 시맨틱 GIS, 유비쿼터스 컴퓨팅, 시맨틱 모바일 서비스



김 장 원

2005년 상명대학교 소프트웨어공학과 졸업(학사). 2005년 한국과학기술연구원(KIST) 위촉연구원. 2008년 고려대학교 컴퓨터학과 졸업(석사). 2008년~현재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정. 관심분야는 온톨로지, 시맨틱 웹, GIS, 데이터베이스, 메타데이터 등

이타베이스, 메타데이터 등

백 두 권

정보과학회논문지: 컴퓨터의 실제 및 레터 제 16 권 제 2 호 참조