

통합건설정보분류체계 기반 건설정보 온톨로지 구축

Building an Ontology based on the Unified Construction Information Classification System

김학래(Kim Hak Lae)*, 박의준(Park Eui Jun)**, 김홍기(Kim Hong Gee)*,
윤석헌(Yoon Suk Hun)***

초 록

건설 산업분야와 관련된 다양하고 방대한 정보의 효과적 관리를 위한 건설정보 분류체계에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. ISO/DIS 12006-2, MasterFormat 등의 분류체계가 국제적 표준으로 제안되었고 국내에서는 이를 국내실정에 적용한 통합건설정보분류체계가 건설교통부를 통하여 제안되었다. 그런데 건설 산업의 규모가 커지고 복잡해짐에 따라 보다 높은 수준의 정보 표현 방식이 요구되고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 통합건설정보분류체계에 기반한 건설정보 온톨로지를 구축하고 그 활용 방안을 제안한다. 온톨로지 기술은 개념들 간의 의미적 연관성을 명확히 표현함으로써 건설 정보의 효과적 관리뿐만 아니라 상이한 정보 시스템들 간의 의미적 상호운용을 지원해줄 수 있다.

ABSTRACT

Recently, extensive research has been conducted on classification systems for managing a huge amount of information with various forms in the construction industry. Classification Systems such as ISO/DIS 12006-2 and MasterFormat have been proposed as international standards, and accommodating them for Korean situation the Korean Ministry of Construction and Transportation has proposed the Unified Construction Information Classification System. As the construction industry becomes bigger and more complicated, however, the need for higher-level semantic representation of construction information has been recognized. In this study we develop a prototype ontology based upon the Unified Construction Information Classification and suggest a practical way of applying an ontology technology to the construction information systems. An ontology is a useful tool to effectively manage construction information and to support interoperability among heterogeneous information systems by clarifying the semantic relationship between concepts.

키워드 : 온톨로지, 건설정보, 분류체계

Ontology, Construction Information, Classification System

이 연구는 한국건설기술연구원의 건설 CAL/EC 운영모델 수립을 위한 조사연구 사업의 지원에 의해 수행되었음.

* 단국대학교 경상대학

** 온톨로지 공학연구소

*** 한국건설기술연구원 건설CALS연구센터

1. 서 론

일반적으로 건설 분야에서는 사업 수행의 각 단계에 따른 다양하고 방대한 정보들이 산출된다. 이를 효과적으로 관리하기 위해서는 건설 정보에 대한 체계적인 분류 기법이 요구된다. 건설 정보 분류는 원래 1920년대 초반에 자재 분류로부터 시작되었으나, 20세기 후반 이르러서는 매우 다양한 영역으로까지 그 적용 범위가 확대되고 있다.

국내에서는 지난 2000년에 건설교통부가 통합건설정보분류체계를 발표함으로써 표준적인 분류 체계의 기틀을 마련하였다[1]. 통합건설정보분류체계는 건설 정보화 추진의 걸림돌 중 하나인 정보의 상호 교환 및 통합 문제를 해결하는데 중요한 역할을 한다. 특히 이것은 공공 부문을 중심으로 진행되고 있는 건설CALS/EC 사업의 성공적인 수행을 위해서도 매우 유용하게 사용될 수 있다.

그러나 건설 사업의 규모가 대형화되고 그 성격이 복잡해짐에 따라 보다 높은 수준의, 예컨대 의미론적인(semantics) 정보 표현 방식이 점점 더 필요해진다. 이 경우 단순한 분류 체계만으로는 이러한 필요성을 충족시키기 힘들고, 이것은 통합건설정보분류체계도 마찬가지이다. 그런데 만약 온톨로지(ontology) 기술을 건설 분야에 적용시킨다면, 건설 사업에서 사용되는 각종 개념들의 속성(property), 그리고 나아가 그들 사이의 관계(relationship)까지 명확하게 표현할 수 있다. 즉, 기존의 단순한 분류 체계로는 업무를 내기 힘든, 건설 정보의 의미적인 부분에 대한 표현이 가능하게 되는 것이다. 이에 본 연구에서는 통합건

설정보분류체계에 기반하여 건설정보 온톨로지를 시범적으로 구축하고, 그 활용 방안에 대해 언급해 보고자 한다.

이 글의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 통합건설정보분류체계의 개념 및 그것이 갖고 있는 문제점을 분석하고, 제 3장에서 온톨로지 기술을 설명한다. 제 4장에서는 우리가 실제로 구축한 건설정보 온톨로지를 소개하고, 그 활용 방안에 대한 논의가 있게 된다. 마지막으로 제 5장에서는 건설정보 온톨로지의 기여점에 대해 간략하게 고찰한다.

2. 통합건설정보분류체계 개요 및 문제점

2.1. 건설 정보 분류의 현황

국내에서 건설정보 분류체계에 대한 연구는 80년대 초기에 시작되었으나, 본격적인 연구는 90년대 중반에 와서 본격적으로 진행되었다. 반면 외국은 이 분야를 매우 중요한 분야로 인식하여 이미 오래 전부터 연구를 진행해 오고 있다. 최근 국제적인 분류체계 연구의 동향은 통합에 맞추어져 있다. 지금까지 분류체계는 유럽과 북미를 중심으로 지역에 따라 개별적으로 추진되어온 경향이 있다. 그러나 주요 선진국들이 국제표준화 기술위원회(ISO/TC 59)를 구성하여 국제적인 단일화된 건설 정보 분류체계를 개발하고 있다.

국제적인 표준분류체계 개발의 방향은 크

1) e-COGNOS, <http://www.e-cognos.org/>

계 ISO(International Organization for Standardization) 표준분류체계, Uniclass으로 대표되는 파셋 개념과 MasterFormat으로 대표되는 단일 계층적 분류라고 할 수 있다[2]. 패셋 개념은 건설 정보를 시설물, 공간, 공종, 자재, 관리 등과 같은 특성으로 구분한 것이다. MasterFormat은 시방서 작성과 비용 관리를 위해 사용되는 공종, 자재, 설비 등의 개념을 16개의 분류 기준으로 구성한 것이다[2].

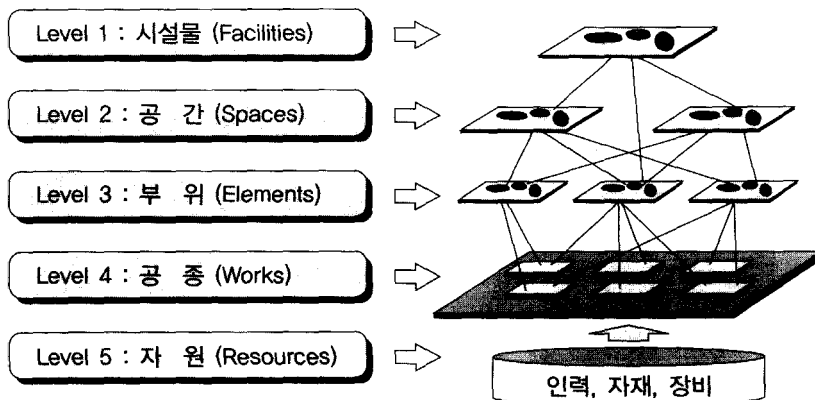
ISO/PAS 12006-3은 객체지향적 접근방법을 기초로 한 정보교환 기본모델로서 객체(Objects), 그룹(Groups), 관계(Relationships) 등 3개 주요 개념으로 구성되어 있다[5].

EeO¹⁾는 웹 환경의 건축 정보 표준화를 위해 온톨로지 기반의 정보 모델을 개발하고 있다[7]. EeO가 진행중인 e-COGNOS 온톨로지는 건설 정보를 온톨로지를 표현하여 분류 항목들의 의미를 정확히 기술하고 이를 재사용하는데 목적을 갖고 있다.

2.2 통합건설정보분류체계 개요

건설정보 분류체계는 개별 기업이나 국가 차원에서 독자적인 목적을 갖고 진행되어 왔으나, 정보 시스템의 발전과 더불어 통합된 표준분류체계의 중요성이 부각되고 있다. 통합건설정보분류체계는 건설교통부에서 2000년 제안한 분류체제로 건설 분야에서 발생되는 모든 관련 항목들을 체계적으로 분류하여 고유 번호를 부여한 것이다. 표준분류체계를 사용하는 것은 관리체계의 통합을 의미하기 때문에 건설 프로세스에서 생성되는 모든 정보의 저장 및 재사용이 용이할 수 있다. 특히 건설CALS/EC의 도입에 따라 표준 분류체계에 대한 관심이 증가되었다. 건설기술연구원이 주도적인 역할을 수행하여 공표한 통합건설정보분류체계는 정부 차원의 표준체제로써 국내 건설 정보화를 한 단계 발전시킬 수 있는 계기가 되고 있다.

통합건설정보분류체계는 시설물(Facility), 공간(Space), 부위(Elements), 공종(Work),



〈그림 1〉 통합건설정보 분류체계의 위상 분류 구성[1]

자원(Resource) 등의 5개의 분류 개념으로 구분되어 있고, 향후 관리와 속성에 대한 패킷 혹은 분류면(Facet)을 추가할 계획을 갖고 있다. 패킷은 분류주제 또는 분류 특성을 의미한다. 패킷들의 위상 분류체계는 <그림 1>과 같이 종속적인 특성을 갖고 있다.

2.3. 통합건설정보분류체계의 문제점

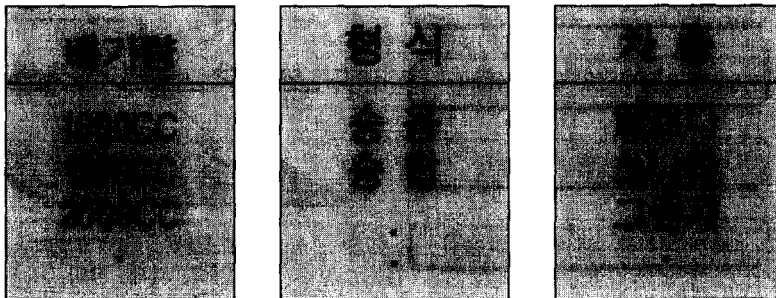
통합건설정보분류체계는 패킷 중심의 분석 합성분류 방법을 제공한다. 분석합성분류 (Analytical Synthetic Classifications)란 용어를 개별 개념으로 할당하고 목록자에게 규칙을 제시하여 합성 주제에 대한 표목을 구성하는 분류 방법을 말한다[4]. 여기서 분석은 상위 요소가 패킷 분석을 통해 정의된 단일 개념으로 분해하는 것이고, 합성은 그러한 개념을 주제문자열로 재결합하여 새로운 요소로 만드는 것을 말한다. 다시 말해 표현하고자 하는 개념들의 항목을 모두 열거하는 대신 연결 원칙을 통해 조합하는 조립식 방법이라 할 수 있다. <그림 2>는 '차종'이라는 개념을 패킷 분류로 나타낸 것이다. Foci 라는 기본 개념('배기량', '형식', '차종' 등)은 복합 주제를

표현하기 위해 자유롭게 조합할 수 있다. 예컨대 '2000cc 승용자동차인 쏘나타'는 서로 다른 패킷에 속해 있는 Foci를 결합하여 새로운 개념으로 만든 것이다.

패킷 분류는 전체 주제를 구성하는 개념들을 특성과 관계에 따라 몇 개의 기본 범주로 분류하고 각 범주에 속하는 기본 분류 항목을 합성하여 복수 주제를 표현한다. 이러한 특징 때문에 패킷 분류는 특정한 주제 분야를 매우 단순하고 정돈된 방식으로 표현하는데 적절하다. 그러나 분류체계는 기본 분류 범주를 갖고 있지만, 개별 항목이 갖고 있는 특성(property), 관계(relation)가 명확히 표현되지 않는다. 패킷 분류의 한계를 요약하면 다음과 같다.

2.3.1 개념들 사이의 관계 표현

패킷 분류의 개념들은 주제분야에 따라 서로 관련성이 존재할 수 있다. 예컨대 '고층아파트'는 '시설물'의 특수한 경우가 될 수 있다. 이 경우, 두 개념 사이에는 상속 관계(is-a relation)가 성립하며, 시설물을 상위개념(superconcepts), 고층아파트를 하위개념(subconcepts)으로 분류할 수 있다. 패킷 분류



<그림 2> 자동차 종류에 따른 패킷 분류

는 기본적으로 상속 관계를 갖는 계층 구조를 표현할 수 있다. 그러나 주제 영역을 분류하는데 있어 상속 관계만이 유일한 방법은 아니다. 특히 다양한 패킷들의 관계는 단순히 상속 관계로 나타낼 수 없다. 예컨대 “꿈에그린 아파트”는 고층아파트의 하위개념인 사례(instance)로 표현할 수 있다. 또한 ‘문’과 ‘문고리’는 개념 정의에서 비롯되는 전체-부분(part-whole)의 계층 구조로 나타낼 수 있다. 통합건설정보 분류체계는 이와 같은 관계를 명시적으로 표현하는데 어려움이 있다. 즉 “고층아파트의 중간층”과 같이 복수의 패킷을 조합하는 경우, 시설물 패킷과 공간 패킷은 종속적인 관계가 아닌 전체-부분의 관계로 나타내는 것이 적절하다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 시소러스나 온톨로지적인 방법을 적용하는 것이 필요하다. 시소러스와 온톨로지는 속종(屬種) 관계, 부분-전체(part-whole) 관계, 사례(instance) 관계 등을 모두 포함하여 다양한 의미적 관계를 표현할 수 있다.

2.3.2 개념이 포함하는 속성 표현

각 개념들은 속성들의 집합과 관련이 있다. 속성은 크게 개념 속성(conceptual properties)과 언어 속성(linguistic properties)으로 구분된다. 전자는 개념이 갖고 있는 고유한 특성들의 집합을 말하며, 후자는 동의어, 우선어 등과 같은 언어적 특성을 말한다. 예컨대 자동차의 개념 속성에는 핸들, 타이어, 계기판 등과 같은 것이 포함될 수 있으며, 언어 속성에는 ‘차’, ‘car’와 같은 것이 포함될 수 있다. 속성은 개념을 표현하고 의미적 구분 기준을

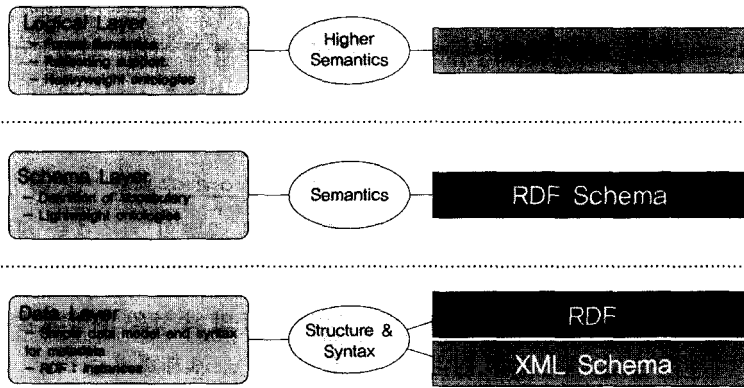
제공하기 때문에 매우 중요하다. 예컨대, 아파트를 구분함에 있어 ‘중형’ 또는 ‘대형’이라고 말하는 기준은 아파트가 갖고 있는 평형에 따라 결정되며, ‘저층’ 또는 ‘고층’은 전체 층수를 기준으로 구분한 것이다. 그러나 분류체계는 비록 분류의 기준으로 개념들의 특성을 고려하지만, 최종 산출물인 분류체계 자체에는 개념들의 속성을 포함하고 있지 않다. 통합건설정보 분류체계도 다른 분류체계와 마찬가지로 개념들의 속성을 정의할 수 없다.

2.3.3 정보 검색의 효율성

건설 분야도 다른 산업 분야와 유사하게 정보 시스템의 중요성이 높아지고 있으며, 정보의 효과적인 활용을 위해 정확성 있는 검색이 강조하고 있다. 현재 정보 검색은 주로 키워드 기반의 검색 방법이 대부분이어서 정확성에 대한 신뢰도가 낮다. 정보 검색 측면에서 분류체계는 용어 탐색으로 검색된 내용을 분류 번호로 제약함으로써 정확성을 높일 수 있다. 따라서 분류체계에서 분류한 개념과 특성을 포함하고 있는 시소러스나 온톨로지 기반의 정보 시스템은 한층 높은 수준의 정보 검색에 사용될 수 있다. 3장에서는 위에 언급된 분류체계의 문제점을 건설정보 온톨로지를 구축하여 해결 방법을 모색하고 구체적인 활용 방법을 살펴본다.

3. 온톨로지 기술 개요

3.1 온톨로지의 정의



〈그림 3〉 웹 온톨로지 언어의 계층 구조

온톨로지(ontology)는 흔히 개념화의 상술 (specification of conceptualization)로 정의된다[8]. 전산학의 관점에서, 온톨로지는 일종의 사전, 혹은 공학적 구조물로서 어떤 대상 영역(domain) 내 실체들을 기술하기 위한 특정한 어휘들로 구성되어 있다. 가장 간단한 경우의 온톨로지에서는 포함(subsumption) 관계로 어휘들을 연결하여 어떤 위계 구조를 기술하며, 보다 복잡한 경우에는 여기에 기타 다른 관계(relation)나 제약(constraint)을 표현하기 위한 공리들이 더해진다[9]. 그 결과, 온톨로지에 기반한 정보 시스템에서는 의미 기반의 검색 및 데이터의 공유와 통합을 용이하게 할 수 있다.

3.2 온톨로지 표현 언어

온톨로지를 표현하기 위해 일차 술어 논리 (First-Order Predicate Logic), 프레임(Frame) 논리, 기술 논리(Description Logic) 등에 기반한 언어들이 보통 사용된다. 최근 월드 와이드 웹 컨소시엄(W3C World Wide Web

Consortium)²⁾에서 후보 권고안(Candidate Recommendation)으로 공고한 OWL(Web Ontology Language)은 기술 논리 기반의 언어로 향후 웹 온톨로지 언어의 표준이 될 것이 확실해 보인다. OWL은 기존의 DAML과 OIL이 통합확장된 것으로, 이 두 언어의 많은 특징을 이어 받았다. 또 OWL은 RDF의 클래스와 속성을 상속 받았으며, 그림 3에서 설명된 바와 같이 RDF 스키마의 상위 수준에서 어휘들의 형식 의미를 정의하고 있다. 이처럼 풍부한 표현력을 갖고 있다는 것이 OWL의 장점 중 하나이다.

OWL은 그 표현력의 정도에 따라 세 종류의 하위 언어로 구분된다. OWL Lite는 주로 제층화된 분류와 간단한 제약조건의 특성만을 필요로 하는 사용자들을 지원한다. 예를 들어 OWL Lite는 관계차수 제약조건을 지원하지 않지만, 단지 0 또는 1의 차수 값만을 허용한다. OWL DL은 추론 시스템의 계산학적 완

2) W3C, <http://www.w3c.org>

3) Protégé Project, <http://protege.stanford.edu>

전성(completeness) 과 결정가능성(decidability) 을 유지하면서 최대의 표현력을 원하는 사용자들을 위한 언어이다. OWL DL은 유형 분립(클래스는 동시 개체나 속성이 될 수 없고 속성은 또한 개체나 클래스가 될 수 없다)과 같은 제약조건 하에서 OWL 언어의 모든 구성체를 포함한다. OWL DL은 1차 술어논리(first order logic)의 특정 분야로서, 결정가능성을 높인 기술논리[Description Logics]로부터 그 이름이 이어졌다. OWL Full은 계산의 결과를 보장하지 않은 상태에서 RDF의 문법을 자유롭게 사용하여 표현력을 최대화 하고자 하는 사용자들을 위한 언어이다. 예를 들어 OWL Full에서 클래스는 개체들의 집합으로 취급될 수 있고 동시에 개체 그 자체로서 취급될 수도 있다. OWL DL과의 또 다른 중요한 차이점은 owl:DatatypeProperty가 owl:InverseFunctionalProperty로 표기될 수 있다는 점이다. OWL Full은 온톨로지가 미리 정의된(RDF 또는 OWL) 어휘의 의미를 확장하도록 허용한다. 각각의 특성을 요약하면 <표 1>과 같다.

4. Protégé를 이용한 건설정보 온톨로지 구축

4.1 Protégé 소개

온톨로지의 효과적인 구축을 위해서는 전문적인 개발 도구가 필요하다. 본 연구에서는 건설정보 온톨로지를 구축하기 위해 Protégé 2.0.1³⁾을 사용한다. Protégé는 스탠포드 대학에서 지식 기반 모델의 설계와 획득을 위해 개발한 시스템으로 사용자가 대상 영역 온톨로지를 손쉽게 구축할 수 있도록 지원해 준다. 이것은 현재 30 개 이상의 나라에서 사용되고 있고 지금까지 약 100 개 이상의 프로젝트에서 활용된 바 있다. 특히 OWL의 사용을 지원하는 플러그-인이 개발되어 보급됨으로써 웹 기반 시스템에서도 자유롭게 온톨로지를 활용할 수 있게 되었다.

4.2 건설정보 온톨로지 설계 원칙

건설정보 온톨로지는 온톨로지를 구성하는

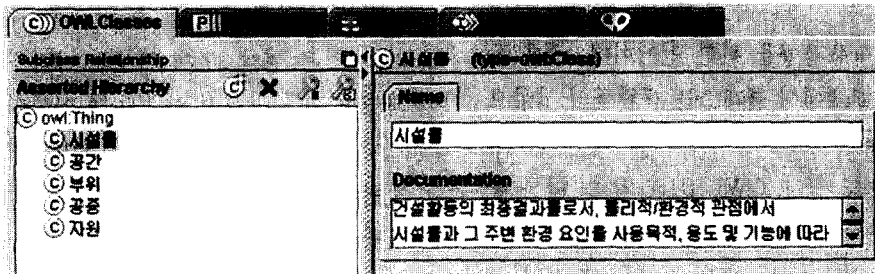
<표 1> OWL 종류 별 특성

OWL Ful	OWL DL	OWL Lit
<ul style="list-style-type: none"> · OWL 명세서에 포함된 모든 · 기능 지원 	<ul style="list-style-type: none"> · 사용 제한 <ul style="list-style-type: none"> - FunctionalProperty - InverseFunctionalProperty - owl:cardinality · 메타클래스 사용 불가 	<ul style="list-style-type: none"> · 사용 제한 <ul style="list-style-type: none"> - owl:minCardinality - owl:maxCardinality - owl:cardinality · 사용 가능 <ul style="list-style-type: none"> - owl:hasValue - owl:disjointWith - owl:oneOf - owl:complementOf - owl:unionOf

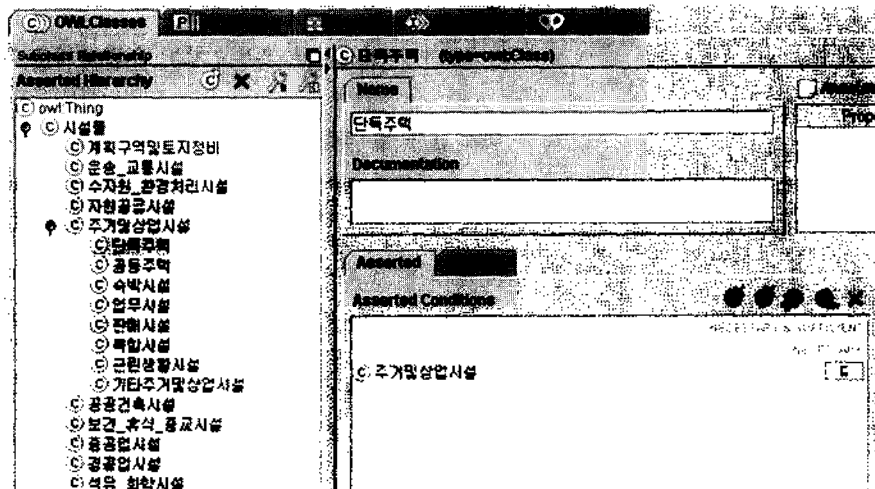
클래스(class), 속성(property), 관계(relation), 공리(axiom) 등을 기본 요소로 구성되었다. 각각의 클래스는 계층적인 구조를 포함할 수 있으며, 고유한 특성을 속성으로 정의할 수 있다. 클래스는 다른 클래스와의 관계를 정의하기 위해 논리합(Union), 논리곱(Interaction) 등과 같은 공리를 포함한다. 또한 클래스 사이의 관계와 속성의 관계를 정의할 수 있다. 건설정보 온톨로지의 구체적 표현은 OWL을 사용하여 표기한다. OWL은 표현 수준에 따

라 OWL Lite, DL, Full 등으로 구분되는데 건설정보 온톨로지에서는 OWL Full의 형태로 표현한다. 건설정보 온톨로지는 다음과 같은 특성을 갖고 있다.

- ① 분류체계 항목들의 의미 정의
- ② 5개 분류면 사이의 명시적 관계를 표현
- ③ 분류면에 포함된 클래스의 관계 정의
- ④ 클래스의 풍부한 제약 조건 정의



〈그림 4〉 건설정보 온톨로지의 상위 클래스



〈그림 5〉 시설물 클래스의 계층 구조

4.2.1 클래스 정의

건설정보 온톨로지는 통합건설정보분류체계의 패킷 개념을 기본으로 클래스를 구성한다. 따라서 상위 클래스는 5개(시설물, 공간, 부위, 공중, 자원 등)로 정의하며, 이들 클래스는 최상위 수준 클래스인 Thing과 하위 부류(subclass) 관계가 성립된다. 각각의 클래스는 해당 분류의 분류 항목(대중소 분류)들을 하위 클래스로 가질 수 있다.

예를 들어 시설물 분류의 단독 주택은 <그림 5>와 같이 정의할 수 있다. 단독 주택은 주거 및 상업 시설에 포함되고 동시에 시설물의 하위 분류에 속한다. 이를 하위 클래스로 정의할 수 있다.

4.2.2 속성과 제약 조건의 정의

건설정보 온톨로지에 정의된 5개의 클래스는 서로 하위 클래스의 관계를 갖지 않는다. 통합건설정보 분류체계에서는 분류면 사이의 관계를 위상적 종속 관계로 정의하고 있다. 그러나 온톨로지는 분류면 사이의 관계를 종속적으로 표현하지 않는다. 즉, 클래스들은 종속적이면서 동시에 서로 독립적인 특성을 갖고 있다. 예를 들어, 고층아파트의 기준층에 대한 정보를 공사 시방서에 작성하기 위해 고려해야 하는 것을 살펴보자. 분류체계에 의하면 고층아파트는 시설물 분류/주거 및 상업 시설에 포함되고 기준층은 고층아파트를 구성하는 일부분(hasPart)의 관계를 갖는다. 다시 말해 공간 분류의 특성을 갖는 정보는 시설물의 부분일 수 있지만, 그 자체로 고유한 특성을 갖고 있다. 따라서 이러한 정보 특성을 종속 관계-하위 클래스-만으로 정의하는

것은 문제가 있다. 건설정보 온톨로지는 분류체계의 위상 관계와 종속적인 특성을 온톨로지의 속성을 이용하여 표현하고 있다.

속성은 온톨로지에서 클래스가 갖고 있는 고유한 특성을 말한다. 예를 들어 자동차를 정의하는 클래스가 있을 때, 속성은 바퀴, 핸들, 엔진 등과 같은 정보를 말할 수 있다. 건설정보 온톨로지에서 속성은 분류면들의 관계를 정의하기 위해 중요한 역할을 한다. 위에서 언급한 대로 5개 분류면들 사이의 종속적인 특성은 속성(property)를 이용하여 정의한다. 예를 들어, 시설물 클래스는 공간, 부위, 공중, 자원에 대한 정보를 포함할 수 있다. 이를 정의하기 위해 HasSpace, HasElement, HasWork, HasResource 속성을 정의한다. Has 속성은 분류면을 포함할 수 있는 정보를 추가하기 위해 사용되며 속성값은 해당 클래스의 범위로 한정된다. 다시 말해, 해당 분류면의 속성이 다른 분류면과의 특정 관계를 갖는다면, 클래스의 속성을 추가하고, 속성의 공역(range)에 해당 분류면의 값을 정의할 수 있게 한다.

예컨대 “저층아파트의 기준층”에 대한 정보는 다음과 같은 관계를 포함하고 있다. 우선 저층아파트는 시설물이며 주거 및 상업 시설, 공동주택의 분류 범주에 속한다. 기준층은 구조적 구획공간의 범주에 속한다. 따라서 HasSpace 속성은 두 가지 정보를 모두 포함할 수 있어야 한다. 속성의 값은 일반적으로 개체형이나 XML 스키마 형태로 정의할 수 있다. 개체형이란 어떤 클래스의 실제 사례가 될 수 있는 것을 의미한다. 자동차 클래스의 개체는 쏘나타, 그랜저 등을 개체형 값으로

정의할 수 있다. <그림 6>은 시설물 클래스에 포함된 HasSpace 속성을 보여주고 있다. HasSpace 속성은 정의역(domain)으로 시설물에 대한 개체형(Instance 혹은 Individual) 값을, 공역(range)을 공간 클래스의 개체형 값으로 정의하고 있다. 또한 공역의 범위를 건축공간으로 명확히 한정하고 있다. 또한 속성 공역의 값이 개체형일 경우 역속성(inverse)을 관계를 표현할 수 있다. 예를 들어 "시설물"이 "HasSpace"의 공역으로 "수평적 구획 공간"을, "수평적 구획 공간"이 "IncludedFacility"의 공역으로 "시설물"을 갖는다면, HasSpace와 IncludedFacility는 역속성 관계가 성립한다. 속성의 정의역과 공역에 대한 값을 제약함으로써 사용자는 해당 범주를 표현하는데 일관성을 보장 받을 수 있다.

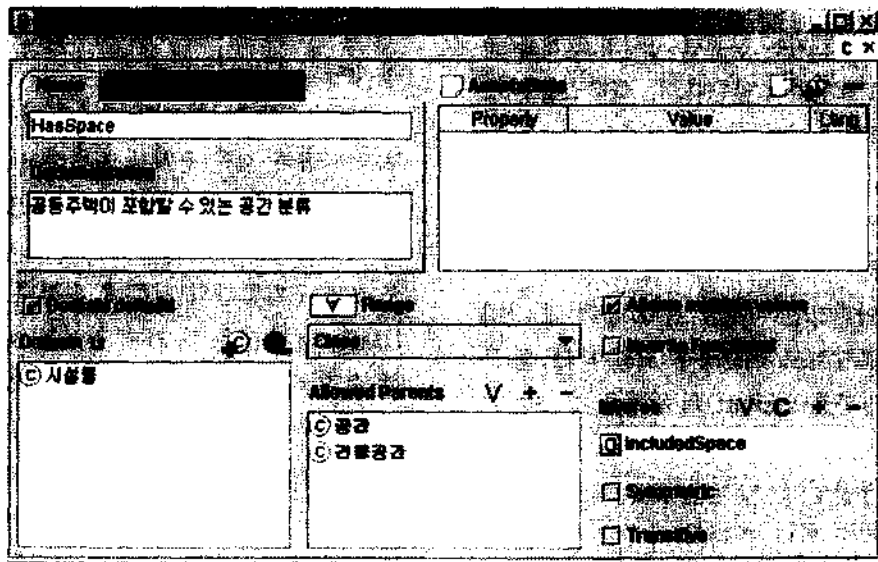
건설정보 온톨로지는 통합건설정보분류체계에서 표현하는 코드정보를 나타내기 위해 HasCodeNumber 속성을 갖고 있다.

HasCodeNumber 속성은 각 분류 체계에서 사용하고 있는 대분류 2자리와 중분류 2자리를 사용할 수 있다.

4.3. 구현 사례

건설정보 온톨로지는 시설물, 공간, 부위, 자원, 부위를 각각의 독립적인 클래스로 정의하고 있다. 각각의 클래스는 하위 클래스 정보를 포함하고 있다. 사용자는 5개의 클래스에서 정보를 추출하고 이를 조합하여 특정한 정보를 표현할 수 있다.

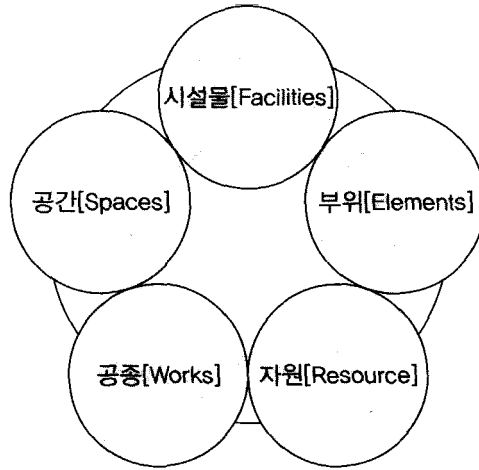
통합건설정보분류체계는 분류면을 종속적 관계만으로 표현하기 때문에 분류 항목을 표현하는데 제약 사항이 많다. 또한 분류의 기준이 위상 구조만을 기반으로 하고 있기 때문에 상위 분류면의 정보가 제공되지 않을 경우에 다른 분류면의 항목을 찾는 것이 불가능하다. 예컨대 "고층아파트의 기준층 벽체 콘크



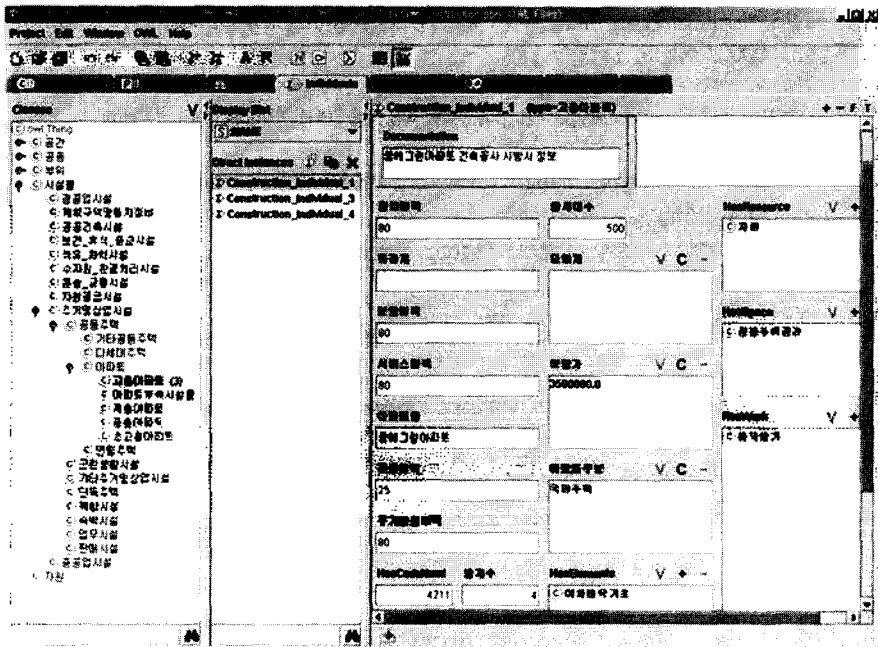
<그림 6> '저층아파트'의 HasSpace 속성

리트 공사"에서 공간 분류면이 생략된 "고층 아파트의 벽체 콘크리트 공사"는 표현할 수 없다. 분류면의 위상 구조를 수정하여 표현하는 것도 쉽지 않다. 즉 "콘크리트 공사가 필요

한 벽체"와 같은 표현은 가능하지만, 일반적으로 통합건설정보분류체계에서는 사용되지 않는다. 그러나 통합건설정보분류체계는 궁극적으로 특정 공사를 위해 소요되는 자원이



〈그림 7〉 건설정보 온톨로지에서의 분류면의 관계



〈그림 8〉 '꿈에그린아파트'의 개체 정보

나 인력에 대한 정보를 제공하는데 목적이 있다. 따라서 "고층아파트의 기준층 벽체 콘크리트 공사"와 "기준층의 벽체 콘크리트 공사를 하는 고층아파트"는 위상 구조에서는 다른 정보 차원을 갖고 있지만, 궁극적으로 제공하는 정보는 동일함을 알 수 있다.

〈그림 7〉은 건설정보 온톨로지에 정의된 분류면들의 관계를 나타내고 있다. 온톨로지에서 각각의 분류면은 독립된 특성을 갖는 클래스로 구성되며, 이들은 속성을 이용하여 특정한 시간에 조합될 수 있다. 클래스의 위상 구

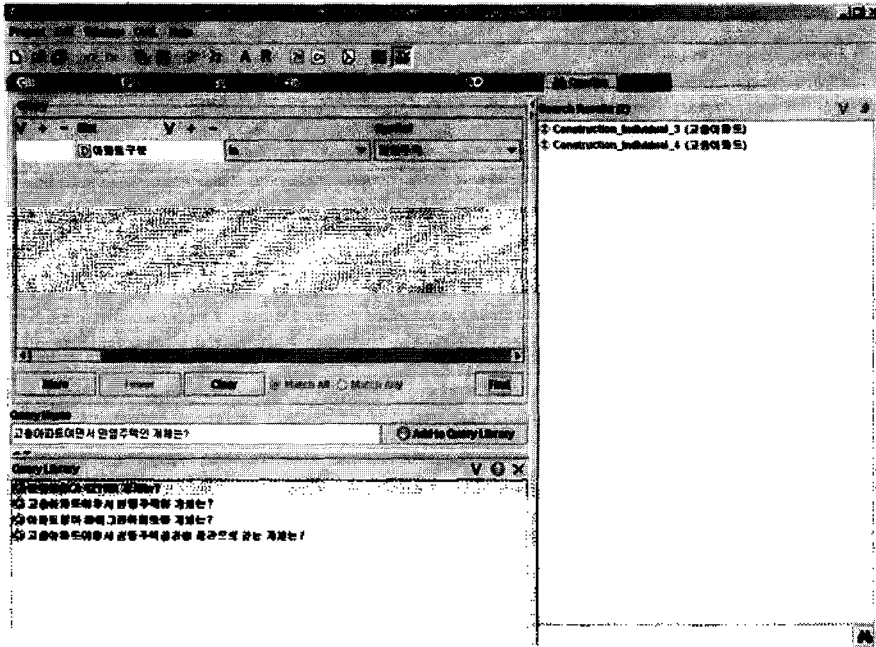
조가 시설물을 중심이라는 점은 통합건설정보 분류체계와 유사하지만, 건설정보 온톨로지는 각각의 클래스 관계를 명시적으로 정의하고 있다. 예컨대 고층 아파트는 시설물의 하위 부류(subclass)이며, 기준층이나 지하층과 같은 공간 분류의 정보를 속성(HasSpace)으로 표현할 수 있다. 기준층과 지하층은 공간 클래스의 하위 부류이며, 서로 소(disjoint) 관계를 갖고 있다. 그러나 클래스 간의 전이(transitive) 관계는 성립되지 않는다.

〈그림 8〉은 개체명이 'Construction_

```

<시설물 rdf:ID="Construction_Individual_1">
  <hasCodeNumber rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
  >4211</hasCodeNumber>
  <아파트명 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >꿈에그린아파트</아파트명>
  <전용면적 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >25</전용면적>
  <HasSpace rdf:resource="#공동주택공간"/>
  <분양가 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"
  >3500000.0</분양가>
  <HasWork rdf:resource="#바닥깔기"/>
  <주거전용면적 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >80</주거전용면적>
  <총세대수 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
  >500</총세대수>
  <HasElements rdf:resource="#이차바닥기초"/>
  <공급면적 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >80</공급면적>
  <서비스면적 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >80</서비스면적>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >꿈에그린아파트 건축공사 시방서 정보 </rdfs:comment>
  <방개수 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">4</방개수>
  <HasResource rdf:resource="#맷썩?"/>
  <주거전용면적 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >80</주거전용면적>
</시설물>
  
```

〈리스트 1〉 OWL을 이용한 건설 정보의 표현



〈그림 9〉 질의 구성의 예

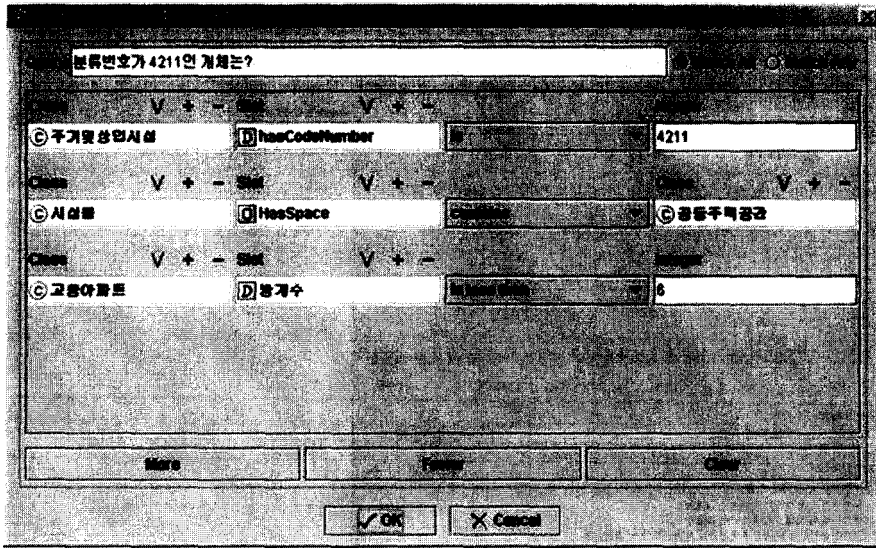
Individual_01'인 건축공사 정보를 표현하고 있다. 이 개체는 고층아파트의 사례(type)이다. 고층아파트는 온톨로지의 계층 구조를 통해 [시설물/주거및상업시설/공동주택/아파트]의 하위 클래스를 갖고 있음을 유추할 수 있다. 이 개체는 아파트의 기본적 정보와 시공정보와 관련된 정보를 속성으로 표현하고 있다. 기본적 정보는 아파트명, 공급면적, 주거전용면적, 방개수 등과 같은 내용으로 아파트가 어떤 특성을 갖고 있는지 설명하는데 사용된다. 시공정보와 관련된 정보는 통합건설정보분류체계에 사용되는 각각의 분류면 정보를 표현할 수 있다. 예컨대 HasSpace 속성은 이 개체의 공간 분류가 공동주택공간임을 나타내고 있고, 부위(HasElements)와 공종(HasWork) 속성으로 이차바닥기초를 위한

바닥깔기 공사를 표현하고 있다.

Protg를 이용하여 모델링한 정보는 〈리스트 1〉과 같은 OWL 형태의 구조화된 데이터로 표현된다.

〈그림 9〉는 건설 정보 온톨로지에서 원하는 개체 정보를 검색하기 위해 구성된 다양한 질의 항목들의 예를 보여주고 있다.

예컨대, 〈그림 10〉은 클래스의 분류번호 공간 분류면의 정보, 방개수를 만족하는 개체를 검색하기 위해 구성된 질의 예이다. 〈그림 10〉의 질의는 분류번호가 4211이고, 공동주택공간인 시설물이 방을 6개이하로 갖는 고층아파트를 검색할 수 있다. 여기서 분류번호는 속성값의 형태가 정수형이기 때문에 정수형과 일치하는 값을 찾는다. HasSpace는 공역값으로 클래스를 정의하고 있기 때문에 포함



〈그림 10〉 질의 구성의 실제

된 클래스가 있는지 탐색하며, 방개수와 같이 정수형의 크기를 검색할 때는 'is less than' 이나 'is larger than' 과 같은 옵션을 사용한다.

5. 건설정보 온톨로지의 기여점

통합건설정보분류체계는 각각의 분류면을 조합하여 복합적인 개념을 정의하거나 계층적인 분류 형태를 표현할 수 있다. 통합건설정보분류체계는 복합적인 개념을 조합하기 위해 네 가지(+, /, :, >) 기호를 사용한다. 그러나 클래스 혹은 개념 사이의 속성을 정의하고 서로소(disjoint)나 교차와 같은 공리적 관계는 표현하지 못한다. 표2는 통합건설정보분류체계와 건설정보 온톨로지가 각각 복합적인 개념을 조합하는 방법을 나타내고 있다.

반면 통합건설정보분류체계는 다음과 같은

정보는 표현할 수 없다.

- 두 클래스의 서로소 관계
- 관계 차수의 정의
- 속성의 정의 및 속성의 관계
- 클래스의 동치 및 비동치성

5.1 두 클래스가 서로 교차하지 않는 관계

클래스는 서로 간에 교차하지 않는 서로소 관계를 가질 수 있다. 예컨대 고층아파트는 저층아파트나 중층아파트와 교차하지 않는다. 온톨로지는 이러한 관계를 disjointWith 속성으로 표현한다. 따라서 고층/저층/중층 아파트를 disjointWith로 선언하면, 고층아파트의 모든 인스턴스는 저층과 중층아파트의 인스턴스가 아니라는 사실을 유추할 수 있다.

<표 2> 건설정보 온톨로지와 통합건설정보분류체계의 비교

구분	통합건설정보분류체계	건설정보 온톨로지
연속되지 않은 두 개 이상의 항목	표현가능(+ 조합) 예) F4653+F4213	unionOf, intersectionOf으로 표현 가능
연속된 두가지 이상의 항목	표현가능(/ 조합) 예) F621/F629	oneOf으로 표현 가능
계층적 의미를 갖지 않는 항목	표현가능(: 조합) 예) F541:F533	속성을 정의하여 표현가능
계층적 의미를 갖는 항목	표현가능(> 조합) 예) F541>F435	subClassOf 관계로 표현 가능

5.2 속성의 관계

분류체계는 어떤 속성에 대한 정보도 포함하고 있지 않다. 그러나 현재 사용하는 대부분의 저장 시스템은 개체와 속성 정보를 기반으로 하고 있다. 온톨로지는 속성을 자유롭게 선언할 수 있다. 아울러 속성간의 관계도 다음과 같이 다양하게 정의할 수 있다.

- 속성의 역(inverse)
- 속성의 전이적(transitive)
- 속성의 대칭적(symetric)
- 속성의 함수적(functional)
- 속성의 역함수적(inverseFuntional)

속성값의 제약은 인스턴스마다 속성을 다른 방식으로 사용할 수 있도록 한다. 예컨대 아파트는 사용목적에 따라 국민주택, 민영주

택, 중형국민주택으로 구분한다. 통합건설정보분류체계는 아파트를 층수를 기준으로 구분하고 있기 때문에 사용 목적에 따른 구분하는 것이 쉽지 않다. 온톨로지는 속성의제약을 이용하여 이러한 정보를 표현한다.

<리스트 3>은 '아파트 구분' 속성이 허용하는 값의 범위를 한정한 것이다. 우선 아파트 구분 속성은 정의역으로 아파트 클래스를 갖고, 공역으로 국민주택, 중형국민주택, 민영주택 중의 하나의 값을 갖는다.

건설정보 온톨로지는 기계 또는 에이전트가 처리할 수 있는 풍부한 어휘(vocabulary)와 형식적 의미(formal semantics)를 포함하고 있다. 따라서 건설정보와 관련된 용어의 의미와 용어 사이의 관계를 명시적으로 표현할 수 있다. 건설정보 온톨로지를 건설 분야

```

<owl:Class rdf:ID="고층아파트">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#아파트"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#저층아파트"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#중층아파트"/>
</owl:Class>
    
```

<리스트 2> 교차하지 않는 관계

```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="아파트구분">
  <rdfs:range>
    <owl:DataRange>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
        <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
          >국민주택</rdf:first>
          <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
            <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil"/>
            <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
            >중형국민주택</rdf:first>
          </rdf:rest>
        </rdf:rest>
      </owl:oneOf>
    </owl:DataRange>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="#아파트"/>
</owl:DatatypeProperty>
  
```

〈리스트 3〉 속성의 계약

에 도입한다면 다음과 같은 점에서 높은 활용 가치를 찾을 수 있다. 첫째, 기존 건설정보 분류체계가 갖고 있는 정보 호환성 및 상호연계성의 문제를 해결할 수 있다. 둘째, 국제화 표준기구가 제시한 표준들과의 상호호환이 가능하여 추가적인 정보 투자 비용이 발생하지 않는다. 셋째, 온톨로지에 정의된 어휘를 기반으로 의미 검색이 가능하다. 궁극적으로 온톨로지로 표현된 건설정보는 기계가 자동적으로 콘텐츠를 해석하고 추론할 수 있는 장점을 제공해 준다.

6. 결 론

지금까지 통합건설정보분류체계에 기반한 건설정보 온톨로지 및 가능한 적용 사례를 소

개하였다. 건설정보 온톨로지는 단순한 분류 체계와는 달리, 클래스들 사이에서의 다양한 관계들 및 관계들 사이에서의 특정한 제약 조건들을 표현함으로써, 건설 사업 분야에서 발생하는 복잡한 사태들을 의미론적인 수준에서 기술해 낼 수 있게 한다.

본 논문에서는 온톨로지를 써서 건설 분야의 지식을 표현하는 데에만 초점을 맞추었다. 그러나 이렇게 잘 표현된 온톨로지를 이용하면 적격 질의(competence question)에 대해 적절한 응답을 얻는 것도 또한 가능하다. 이를 위해 별도의 추론 엔진을 구축하는 것이 보다 바람직하나, 간단한 적격 질의의 경우 Protg에서 제공하는 기본적인 질의 탭(Queries Tab)으로 처리하였다.

건설CALS/EC 사업의 원래 목표가 건설

정보의 통합적 관리인 이상, 궁극적으로는 온톨로지 기술이 건설CALS/EC에도 적용되는 것이 바람직하다. 그러나 이 두 영역을 매개함으로 인해 어떤 의미 있는 결과를 얻기까지는 앞으로 적지 않은 기간 동안 상당한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다. 사실 상 본 논문을 통해 비로소 이 부문 연구는 막 그 첫 걸음을 떼기 시작했다고 보이며, 이 점에서 본 논문의 가치를 찾을 수 있다 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 건설교통부, "통합건설정보분류체계 적용기준(안)", 건설교통부 공고 제2000-11호, 2001.
- [2] 박환표, "건설정보 분류체계의 발전방향", 건설기술정보 웹진, 통권 205호, 2000.12, pp 7-13.
- [3] 강인석, "건설관리(CM)의 정보화를 위한 기술정보내용(1)", 대한토목학회지, Vol.49.No.02, 2001.02, pp 66-71.
- [4] 이미야, 새로운 분류체계 구축을 위한 방향 연구:분류의 역할을 통한 필요성 고찰과 새로운 분류체계의 개선 방안 연구, <http://web2.kwangju.ac.kr/~jahookim/myhome/ci-6.doc>, 2000.
- [5] 한국건설기술연구원, "기술동향:ISO 건설정보분류체계의 최근 동향", 건설기술정보 웹진, 통권214호, 2001.9, pp 24-26.
- [6] McGuinness, D. L. , Ontologies Come of Age, Spinning the Semantic Web, Fensel, D. et al. (eds.), MIT Press, 171-191., 2003.
- [7] Lima, C., European eConstruction Ontology (EeO), Final Draft CWA4 Proposal, [http://www.nen.nl/wseconstruction/.](http://www.nen.nl/wseconstruction/), 2004.
- [8] Gruber, T. R., A Translation Approach to Portable Ontologies, Knowledge Acquisition, 5(2), 199-220., 1993
- [9] Guarino, N., Formal Ontology and Information Systems, Formal Ontology in Information Systems, Guarino, N. (eds.), IOS Press, 3-15., 1998.

저 자 소 개



김학래

(E-mail : hkim@dku.edu)

단국대학교 경영회계학부(경영학사)

단국대학교 일반대학원 경영정보 전공(경영학석사)

단국대학교 일반대학원 경영정보학과 박사과정

관심분야

시맨틱 웹, 웹 서비스 지능형 에이전트, 온톨로지 모델링



박의준

(E-mail : ejpark@ontology.or.kr)

온톨로지공학연구소 선임연구원

서울대학교 철학과(문학사),

한국방송통신대학교 컴퓨터과학과(이학사)

서울대학교 대학원 협동과정 인지과학전공(공학석사)

관심분야

지식표현, 온톨로지 모델링, 비단조 논리, 의무논리



김홍기

(E-mail : hgkim@dku.edu)

고려대학교 심리학(학사)

University of Georgia 인공지능(석,박 사)

1997.1 ~ 1998. 2 미국 University of Georgia 인공지능 Fellow

2001. 1 ~ 200.1 12. 충남 테크노파크 기술개발부 겸임교수

2001. 1 ~ 현재 충남 전자상거래지원센터 운영위원

2002. 5 ~ 현재 한국 전산원 웹 정보화 자문교수

1998. 3 ~ 현재 단국대학교 경상학부 조교수, 부교수

관심분야

시맨틱 웹, 온톨로지, 웹 서비스, 지식관리시스템, 인공지능



윤석헌

(E-mail : gfyun@daejin.ac.kr)

한국건설기술연구원 건설CALIS연구센터 선임연구원.

공학박사, PMP