

# 세부사례의 공유 및 교환을 위한 시맨틱 사례기반추론 시스템 온톨로지의 설계

## Ontology Design of Semantic Case Based Reasoning System for the Share and Exchange of Sub-Cases

박상언(Sangun Park)\*, 강주영(Juyoung Kang)\*\*

### 초 록

사례기반추론은 과거의 사례들로부터 주어진 문제와 가장 유사한 사례를 가져와 이를 현재의 상황에 맞게 변형함으로써 보다 빠르고 효과적으로 문제를 해결하기 위한 방법론이다. 사례기반추론의 가장 중요한 성능의 지표는 사례의 수라고 할 수 있는데, 따라서 사례가 풍부하지 않은 분야에서는 적용하기 어려운 방법이다. 본 논문에서는 이를 극복하기 위해 건설분야를 대상으로 시맨틱 웹을 기반으로 하여 사례를 교환할 수 있는 방안을 제안하였다. 특히 사례를 여러 개의 세부 사례로 분리함으로써 적절한 전체 사례가 없더라도 적절한 세부 사례들을 조합하여 새로운 사례를 만들어낼 수 있도록 하였다. 이를 위하여 온톨로지를 이용하여 사례와 세부 사례의 연결, 세부 사례 단위의 유사도 규칙, 그리고 세부 사례의 조합을 위한 규칙을 표현하였으며 이를 이용하여 웹에서 세부 사례를 요청하고 조합할 수 있는 시스템을 설계 및 구현하였다. 본 연구에서 제안된 시스템은 건설분야를 대상으로 하였으므로 세부 사례로의 분리 및 조합이 건설분야에 제한된다는 점이 있으나, 향후 지속적인 연구를 통해 다른 분야에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

### ABSTRACT

Case-based reasoning is a methodology for solving problems more quickly and efficiently by bringing the most similar case of a given problem from past cases and transforming it to fit the current situation. The most important performance indicator of case-based reasoning is the number of cases, so it is difficult to apply the methodology for the area which has not enough cases. In this paper, we proposed a method to exchange cases based on the Semantic Web in order to overcome the problems. In particular, we separated cases into sub-cases to make it possible creating new cases by combining the appropriate sub-cases even if there was no proper full case. In order to achieve that, we designed an ontology that connects a case and its sub-cases, represents detailed similarity rules that compare sub-cases, and represents the rules for the combination of sub-cases. Moreover, we designed and implemented a semantic distributed case-based reasoning framework where a case requester can request sub-cases via the Web from case providers and integrates sub-cases into a new case by using the ontology.

**키워드** : 시맨틱 웹, 사례기반추론, 온톨로지

Semantic Web, Case based Reasoning, CBR, Ontology

---

이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-327-B00182).

이 논문은 2012~2013년도 아주대학교 일반연구비 지원에 의해 연구되었음.

\* Department of MIS, Kyonggi University(supark@kgu.ac.kr)

\*\* Corresponding Author, Department of e-Business, Ajou University(jygang@ajou.ac.kr)

2013년 08월 23일 접수, 2013년 10월 08일 심사완료 후 2013년 11월 06일 게재확정.

## 1. 서론

웹 2.0이 등장함에 따라 지식의 공유 및 사용자의 참여와 협업 등이 중요시되고 또한 이를 이용한 많은 성과들이 발표되었다. 웹 2.0 이후 지식 자산을 공유함으로써 새로운 분야를 개척하거나 보다 효과적이고 효율적으로 연구나 사업을 수행하려는 사례가 많아졌으며, 이러한 경향은 공공자원의 공유에서도 뚜렷하게 나타난다. Data.gov는 2009년 5월 미국연방 최고정보책임자에 의해 서비스를 시작하였으며, 정부가 수집하는 모든 정보를 게시하는 것을 목표로 하고 있다[14]. 이와 유사하게 Data.gov.uk는 영국정부의 프로젝트로서 공공의 목적으로 취득한 정보들을 공개하여 개방성을 향상함으로써 자유로운 재사용성을 높이는데 목적이 있다[14]. 이와 같은 사례의 공통점은 단지 자료를 개방하는데 그치지 않고 이러한 자료들을 쉽게 이해하고 사용할 수 있는 방안을 지원하는데 있으며, 그 핵심에는 시맨틱 웹이 자리하고 있다. 시맨틱 웹의 목적은 웹에 공개된 자료를 기계 혹은 소프트웨어가 이해하고 자동으로 처리하도록 함으로서 그 사용성을 높이는데 있다. 현재까지는 공개 대상자료의 대부분이 단순한 데이터의 수준이지만 점차 서비스 혹은 보다 복잡한 형태의 자료로 확장되고 있다.

사례기반추론은 과거의 유사한 사례를 활용함으로써 생산성을 향상하는데 목적이 있다. 시맨틱 웹 기반의 지식 공유를 활용하면 사례기반추론의 성능을 향상시키는 것이 가능하다. 사례기반추론은 풍부한 사례의 수가 가장 중요한 성능의 요구 조건인데, 일반적으로 독립적인 시스템인 경우 사례는 충분하게 제공

되기 어려운 경우가 많으며, 그 중에서도 특정 분야는 활용할 수 있는 과거의 사례가 매우 부족할 수 있다. 예를 들어 건축 분야에서 아파트와 같이 아주 일반화된 건축물들은 과거의 사례가 풍부하기 때문에 쉽게 유사사례를 발견하고 이를 활용할 수 있지만, 새로운 건축기법을 적용한 건물의 경우에는 사례기반추론이 매우 효과적임에도 불구하고 유사한 사례가 부족하여 이를 적용하기 어려운 경우가 있다. 그러나, 만일 시맨틱 웹을 활용하여 이러한 사례들을 개방하고 상호 공유 및 교환하여 사용할 수 있다면 사례기반추론의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

본 연구는 사례기반추론에 시맨틱 웹을 적용함으로써 사용 가능한 사례를 늘리는데 그 목적이 있다. 그 중에서도 특히 하나의 사례가 여러 개의 세부 사례로 구성되어 있는 경우를 대상으로 하고자 한다. 이러한 경우에는 세부 사례들을 조합함으로써 보다 많은 수의 사례 구성이 가능하며, 완전한 사례 단위로는 적절한 수준의 유사도를 지닌 사례를 발견할 수 없는 경우에도, 유사한 세부 사례들을 부분적으로 조합함으로써 보다 유사도가 높은 사례를 만들어내어 활용하는 것이 가능하다. 그러나 이를 위해서는 사례와 세부 사례 간의 관계들을 표현하고, 세부 사례 단위의 유사도 규칙을 구축해서 사용해야 하며, 세부 사례를 조합하기 위한 규칙들이 추가적으로 필요하다. 이와 같이 복잡도가 증가한 상황에서 시맨틱 웹을 활용하여 사례들의 교환과 공유를 지원함으로써, 시스템이 자동으로 적절한 세부사례들을 발견하고 이를 적절하게 조합하여 유사한 사례를 만들 수 있도록 하는 것이 본 논문의 목표이다.

이를 위하여 본 논문에서는 시맨틱 웹을 기반으로 하여 세부 사례로 이루어진 사례들을 발견 및 교환할 수 있는 구조를 제시하고자 한다. 또한 그러한 구조에서 사례를 요청하고 분석한 후에 유사한 세부사례들을 발견하고 조합하는 프로세스를 제안하고자 한다. 시맨틱 웹을 이용하여 이를 지원하기 위해서는 사례와 세부사례의 구조, 세부사례 간 유사도 및 세부사례의 조합에 대한 일반적인 지식과 규칙들을 시맨틱 웹 언어로 표현하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 온톨로지 언어인 OWL과 규칙언어인 SWRL을 이용하여 사례와 사례의 조합에 필요한 중요 지식들을 표현하고자 한다. 본 논문의 구조는 다음과 같다. 제 2장에서는 시맨틱 웹과 시맨틱 웹을 기반으로 한 사례기반추론에 대한 연구를 정리하고, 제 3장에서는 시맨틱 웹을 기반으로 하여 세부사례를 교환하고자 할 때 고려해야 할 논점을 정리하였다. 제 4장에서는 건설분야에서의 세부사례 공유, 교환 및 결합방법에 대해 설명하였고, 제 5장에서는 세부사례의 공유 및 교환을 위한 구조와 프로세스를 제안하였으며, 제 6장에서는 온톨로지를 이용한 사례와 관련 지식의 표현방법과 효과를 정리하였다. 마지막으로 제 7장에서는 결론과 향후연구를 서술하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 웹 2.0과 시맨틱 웹을 이용한 지식의 공유

웹 2.0은 집단 지성(collective intelligence) 개념을 포함하며, 사용자의 참여와 협업이 중

요시 되는 새로운 패러다임이라고 할 수 있다 [9]. 웹 2.0 개념이 등장한지 비교적 많은 시간이 지났지만 웹 2.0 환경과 응용에 대한 연구는 최근까지도 활발하게 이루어지고 있다. Han, et al.[9]은 전통적인 소프트웨어 개발에서 발생하는 한계점들이 웹 2.0 패러다임을 적용함으로써 어떻게 극복될 수 있는지 사례 분석을 통해 제시하였으며, 그러한 분야의 예로 참여 중심의 지식형성, 클라우드 소싱을 이용한 API 문서화, 소셜 네트워크 기반의 협업 소프트웨어 개발 지원 등을 들었다. Lee and Kim [17]은 웹 2.0 시대의 전자무역 비즈니스의 방향성을 연구하였으며, 디지털 융합과의 연계, 국제화의 관점, 비즈니스 모델의 역동성 증가 등을 결과로 제시하였다. 웹 2.0에 대한 이러한 연구들의 공통점은 앞서 언급한 바와 같이 참여와 협업이며 이는 지식의 공유를 기반으로 이루어지는 경우가 많다. 보다 역동적인 협업을 위해서는 실시간으로 지식을 공유할 필요가 있으며, 이를 위해서는 공유 대상이 되는 지식에 대해 형식적 상호운용성과 의미적인 상호운용성이 지원되어야 한다.

시맨틱 웹[3]은 기존 웹의 발전된 형태로, 정보와 웹 자원의 의미를 정의 및 표현함으로써 웹의 내용을 기계 혹은 소프트웨어가 이해하고 처리할 수 있도록 함으로써 공유 및 재사용이 가능하도록 하는데 그 목표가 있다. XML이 형식적인 상호운용성을 지원한다면, 시맨틱 웹의 목표는 의미적인 상호운용성을 지원하는 것이라고 볼 수 있다. 시맨틱 웹의 가장 핵심이 되는 개념인 온톨로지는 ‘개념화의 명시적인 명세’(an explicit specification of a conceptualization)[7]라고 정의된다. 즉 온톨로지는 특정 도메인 내에서 공유되는 자원들

을 명시적이고 형식적인 형태의 계층구조로 표현함으로써 컴퓨터가 지식을 이해하고 처리할 수 있도록 지원한다. 또한 지식의 교환 및 공유가 용이하도록 돕는다. 온톨로지를 표현 및 구축하기 위한 언어로는 RDF[21], OWL[23]이 있다.

최근에는 시맨틱 웹 환경에서 활용될 수 있는 다양한 의미적 연결을 가진 데이터가 확산되고 있는 추세이다. 대표적으로 W3C에 의해 지원된 LOD(Linking Open Data) 프로젝트는 서로 다른 데이터의 자원들과 자원들 사이를 RDF 기반으로 연결함으로써 데이터를 공개하고 공유하고 있다[12]. 이는 웹 환경에서 문서 중심이 아닌 데이터 중심의 웹 환경(Web of Data)을 구축하고자 하는 노력으로 2007년 초 12개의 데이터 집합으로 시작하여, 2010년 9월에 203개의 데이터 집합에 이르렀다[12]. 이러한 링크드 데이터를 통해 데이터가 노출(expose)되고, 공유(share)되고, 연결(connect)됨으로써 시맨틱 웹 환경에서 활용될 수 있는 다양한 의미적 연결을 가진 데이터가 생성되고, 이를 통해 시맨틱 웹을 위한 환경적 필요요소가 점차 확산되어 가고 있다. 즉 링크드 데이터는 구조화된 데이터를 공개하기 위한 체계로서, 기계에 의해 처리될 수 있는 형태로 서로 다른 곳에 존재하는 정보를 공유하고 연결하는 것이 그 목적이다. 이러한 환경은 본 논문에서 목표로 하는 사례의 공유 및 교환에도 적용될 수 있다.

## 2.2 사례기반추론

사례기반추론(Case Based Reasoning)은 과거의 사례 중에서 현재 주어진 문제와 유사한

사례를 찾아 활용하고자 하는 연구로, 건설, 생물학, 의학, 교육, 전자상거래, 상황인식 등의 분야에서 활발하게 활용되고 있다[1, 10, 14, 18, 16, 24]. 사례는 사례의 내용과 메타정보(인덱스)로 구성되며, 메타정보는 주어진 문제와 비슷한 사례를 검색하는 과정에서 사용된다. 검색된 유사 사례는 주어진 문제를 해결하기 위해 현재 상황에 맞도록 수정하는 과정을 거치게 된다. 이 때 미리 정의된 사례수정규칙에 따라 수정함으로써 사례의 무결성이 유지되도록 한다. 수정이 되어 성공적으로 사용된 사례는 사례 저장소에 추가되며, 사례기반추론의 효과를 결정하는 가장 큰 요소 중의 하나는 풍부한 사례라 할 수 있다.

사례기반추론은 유사사례를 이용하여 주어진 문제를 해결하는데 들어가는 시간과 비용을 크게 줄일 수 있다는 장점으로 인해 많은 분야에서 사용되었으며 본 논문에서 예제로 사용하는 건설분야의 실무환경에서도 활용되었다. Lee et al.[19]은 아파트 공사의 공정표를 보다 효과적이고 빠르게 생성하기 위해 사례와 제약식 기반의 전문가 시스템을 활용함으로써 초기 공정표의 작성 시간을 극적으로 단축할 뿐만 아니라 완성도와 품질 또한 향상시킬 수 있음으로 보였다. Park et al.[22]은 교량 건축 분야에서 사례기반추론을 활용함으로써 신뢰성 있는 공정 계획의 산출, 업무 혁신 효과, 원가 절감 효과 등이 있음으로 보였다.

## 2.3 시맨틱 웹과 사례기반추론

시맨틱 웹을 사례기반추론에 적용할 경우, 사례의 교환 및 공유가 가능하게 함으로써 사례기반추론에서 가장 중요한 사례의 수를 늘

리는 것이 가능하다. 서로 독립적으로 구축된 사례기반추론 시스템 사이에도 표준화된 온톨로지 표현을 통해 사례의 교환 및 공유가 가능하게 함으로써, 사례의 수가 시스템의 질을 결정하는 사례기반추론의 성능을 향상시키는 것이 가능하다[25]. 또한, 시맨틱 웹 표준에 따른 경우, 다양한 시맨틱 웹 기술을 이용할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어, 온톨로지 표준을 따르지 않는 경우에도 온톨로지 매칭과 같은 시맨틱 웹의 기술을 사용하여 의미적인 상호운용성을 최대한 확보하는 것이 가능하다. 또한 사례기반추론 과정에서 다양한 시맨틱 웹 기반의 추론 시스템을 활용할 수 있다.

시맨틱 웹을 이용한 사례기반추론에 대한 연구는 다양하게 진행 중에 있다. 사례의 표현에 있어서는 RDF 혹은 OWL 기반의 온톨로지를 이용하고 있으며, 사례를 현재 문제에 맞도록 수정(adaptation)하는 과정에서는 사례 수정지식(adaptation knowledge)을 서술논리 기반의 OWL이나 SWRL로 표현하고 추론을 통하여 사례를 수정하는 방안이 제시되고 있다.

웹을 통해 사례를 교환하는 연구로 CBML[11]이 있다. 이 연구에서는 서버로부터 CBML이라는 XML 기반의 사례기반표현 언어로 작성된 사례를 가져와서 클라이언트가 활용하는 구조를 제안하였다. 사례기반추론에서 수행할 일을 서버와 클라이언트에 분배하고 CBML을 통해 서버와 클라이언트가 사례를 공유하도록 함으로써 응답시간을 높이려고 하였다. XML 기반으로 사례를 표현함으로써 형식적 상호운용성을 보장하였으나 시맨틱 웹에서 추구하는 의미적 호환성은 제시하지 못하였다. 이와 유사하게 XML을 이용하여 사례를 표현하고자 한 연구로는 CaseML[10]있는데 이 연구 역시

사례 표현 및 교환에 초점을 맞춘 연구이다. 다음으로 시맨틱 웹을 분산 사례기반추론 시스템에 활용하고자 한 연구는 DzCBR[20]이다. 이 연구에서는 다중 온톨로지 환경에서 도메인 지식과 사례수정 지식을 C-OWL[5]에 기반하여 표현하고 이를 적용하고자 하였다. 여기서 사용된 C-OWL[5]은 context-OWL의 약자로 여러 OWL 온톨로지 간의 매칭을 표현하기 위해 사용되는 언어이다. 즉, 각기 다른 환경에서 구축된 온톨로지들을 C-OWL을 이용해 매칭함으로써 독립적인 사례기반추론 시스템 간의 의미적 상호운용성을 확보하고자 한 것이다. 이 논문은 이렇게 표현된 사례들에 대해 OWL 기반의 규칙으로 표현된 사례 수정지식을 적용하는 방안을 제시하였으나, 논리 수준의 이론에서만 제시되고 있어 실제 적용이 어렵다는 단점이 있다.

생물학 및 의학분야의 사례로는 Memoire [4]가 있다. 생물학, 의학 분야는 다른 분야에 비해 온톨로지가 많이 개발되어 있어 시맨틱 웹을 적용하기에 매우 유리하다고 할 수 있는데, Memoire는 사례기반추론 시스템들 간의 의미적 상호운용성을 지원하기 위하여 OWL 기반의 통합된 사례표현 언어와 온톨로지를 제안한 프레임워크이다. 온톨로지 편집기, 사례 편집기 등과 같이 사례기반추론 시스템을 사용하기 위해 필요한 편집기들을 모두 포함하고 있으며, 기존의 사례표현의 매개체 용도로 온톨로지 기반의 사례표현을 사용하고 있으나, 규칙 추론이 사례를 수정하는 과정이 아닌 독립적인 가이드라인 제시용 추론으로 사용되고 있다.

법률 분야 역시 시맨틱 웹 기반의 사례기반추론 시스템이 활발히 연구되는 분야로서, 대

표적인 연구로 AS-CATO와 IBP LCBR 시스템을 분석하여 두 시스템에서 사용할 수 있는 법률 온톨로지를 제안한 연구[26]가 있다. 일반적인 법률분야의 사례기반추론은 LCBR(Legal Case-Based Reasoning)로 불리며, 시맨틱 웹이 적용되기 전에 HYPO, CATO, CABARET, BankXX, Bench-Capon 등 다양한 시스템이 있었다. 이 연구에서는 AS-CATO와 IBP를 분석하여 온톨로지를 이용한 개념의 표현과 온톨로지 추론과 LCBR 간의 관계에 대해 논의하였다. 이 연구는 기존 사례기반추론 시스템을 분석함으로써 공통으로 사용 가능한 사례 온톨로지를 제시한다는데 그 의의가 있으나, 이렇게 정의된 사례를 사례기반추론에 사용하기 위한 온톨로지 추론의 역할에 대해서는 제안하지 못하였다.

이상의 선행연구 분석결과를 볼 때, 본 연구에서 제안하고자 하는 시맨틱 웹을 활용한 사례기반추론에 대한 연구는 많이 연구되고 있으나, 아직까지 사례를 세부 사례로 나누어 표현하고 이들 세부 사례간의 결합 관계를 지식으로 표현하여 이를 공유 및 교환하고자 한 연구는 없었다고 할 수 있다.

### 3. 시맨틱 웹 기반의 사례 공유 및 교환의 필요성과 논점

#### 3.1 사례 공유 및 교환의 필요성과 시맨틱 웹의 역할

관련 연구에서 살펴본 바와 같이 사례기반추론의 효과를 결정하는 가장 큰 요소 중 하

나는 풍부한 사례이다. 과거로부터 오랜 시간 동안 사례가 축적되어 있는 경우에는 충분한 효과를 볼 수 있지만, 문제 혹은 분야 자체가 새롭거나 시간이 오래되었음에도 불구하고 사례 자체가 많지 않은 경우에는 유사한 사례를 찾기 어렵기 때문에 효과를 보기 어려울 수 있다. 이러한 경우에 사용될 수 있는 첫째 방법은 가능한 경우에 한하여 사례를 세분화하는 것이다. 즉, 하나의 사례를 세부 사례로 구성하고 이러한 세부 사례의 조합으로 새로운 사례를 만들 수 있도록 함으로써 활용 가능한 사례의 수를 늘리는 것이다. 예를 들어 건설 분야에서는 새로운 건물을 건축할 때 초기공정계획을 작성해야 하는데, 주상복합과 같은 복합 건물에 대한 공정계획을 작성하는 경우에는 하나의 사례를 여러 개의 세부 사례로 구성할 수 있으며, 이러한 세부 사례는 아파트, 교량, 주상복합 등의 서로 다른 사례들 사이에도 상호 교환 및 사용이 가능하다[2, 24]. 다시 말해서 아파트와 주상복합의 경우에 건물이 다르기 때문에 전체 공정계획에 대한 사례의 교환 및 공유는 불가능하지만 서로 공통적으로 사용이 가능한 부분의 공정계획에 대해서는 세부 사례의 교환 및 공유가 가능하다는 것이다. 둘째 방법은 독립적으로 개발되고 구축된 사례들을 공유하고 교환하는 것이다. 건설업체의 경우, 일반적으로 해외지사와 본사 사이에 사례를 교환하기 위한 시스템이 현재 구축되어 있지 않아 이에 대한 요구가 제기되고 있다. 여기서 더 나아가면 타회사와 사례를 교환함으로써 사례기반추론 시스템의 사례를 보다 풍부하게 하고 그 결과로 보다 정확한 유사사례를 얻을 수도 있다. 이와 같이 서로 독립적으로 개발된 사례를 공유 및

교환하기 위해서는 형식적인 상호호환성과 의미적인 상호호환성이 모두 보장되어야 하며 이는 시맨틱 웹을 이용하여 구현이 가능하다. 제시된 두 방법 즉 세부사례를 이용하는 방법과 시맨틱 웹을 사용하는 방안을 결합하면 시너지 효과를 낼 수 있으며, 사례기반추론 시스템의 효용을 극대화할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 이를 위해서는 기존의 연구와는 달리 OWL과 같은 온톨로지 언어와 SWRL과 같은 규칙표현 언어를 이용하여 사례의 내용 그리고 사례의 유사도 및 결합에 대한 규칙을 표현하여야 한다. 뿐만 아니라 앞에서 언급한 건설분야 사례와 같이, 하나의 사례가 여러 개의 세부 사례로 이루어지는 경우 시맨틱 웹을 이용하여 사례와 세부사례간의 연결 및 세부사례별 유사도 및 결합 규칙을 표현할 수 있어야 한다. 그리고 이러한 표현을 활용하기 위해서는 먼저 사례 및 세부 사례를 검색 및 공유할 수 있는 구조와 프로세스가 제안되어야 한다.

### 3.2 시맨틱 웹 기반 사례 공유 및 교환 관련 논점

시맨틱 웹을 기반으로 하여 원활하게 사례 및 세부사례를 공유하고 교환하기 위해서는 먼저 전반적인 공유 프레임워크가 제시되어야 하며, 사례를 검색, 요청 및 교환할 수 있는 프로세스가 정의되어야 한다. 그리고 사례와 세부 사례 및 연관규칙을 온톨로지 기반으로 표현함으로써 형식적 상호운용성과 의미적 상호운용성을 보장할 수 있어야 한다.

프레임워크 관점에서의 논점을 살펴보면 누가 사례를 보관하고 어떻게 관리하는가의 문제가 있다. 사례의 발견 및 사용을 효율적

으로 하기 위해서는 웹 서비스의 UDDI[6]와 같은 사례 레지스트리의 사용이 필수적이라 할 수 있다. 이 때 사례는 레지스트리에 보관될 수도 있고, 사례제공자가 보관할 수도 있는데, 어디에 보관되는가에 따라 누구에게 사례 요청을 할 것인가가 달라진다.

프로세스 관점에서는 사례에 대한 유사도 검사를 누가 할 것인지의 문제가 있다. 사례요청자가 필요한 사례에 대한 정보를 레지스트리에 넘겨주면 레지스트리가 유사도 검사를 해서 적절한 사례를 넘겨줄 수 있다. 다른 방법으로, 사례요청자가 레지스트리로부터 유사 사례에 대한 세부정보를 받아 유사도 검사를 해서 직접 가장 유사한 사례를 선택할 수도 있다. 혹은 전체사례에 대한 유사도 검사와 세부사례에 대한 유사도 검사를 분리해서 실행할 수도 있다. 둘째로 사례를 사례요청자에게 넘겨주는 시점과 범위도 논점이 된다. 사례요청자가 레지스트리에 유사사례를 요청하는 순간 세부사례를 포함한 전체사례들을 넘겨줄 수도 있고, 유사사례로 확정된 경우에만 세부사례들을 넘겨줄 수도 있다.

마지막으로 사례의 표현과 관련하여 사례 교환을 위한 사례의 형식적, 의미적 상호운용성을 어떻게 보장할 것인가의 논점이 있다. 이는 시맨틱 웹 기반의 온톨로지를 도입함으로써 해결될 수 있는데, 온톨로지를 도입할 때는 사례의 세부적인 구성요소들 간의 연결이 필요하다. 또한 각 구성요소들은 세부 사례에 대한 유사도 규칙 및 세부 사례의 조합을 위한 규칙과도 연결되어야 한다. 온톨로지 표현언어를 이용하여 어떻게 이를 표현할 것인가가 논점이라 할 수 있을 것이다.

구조와 프로세스와 관련한 논점들에 대한

해결방안은 제 5장에서 구조와 프로세스를 제안하면서 해결 방안을 제시하고자 하며, 사례의 표현과 관련된 논점은 제 6장에서 온톨로지 구축 방안을 제안하면서 해결 방안을 제시하고자 한다.

#### 4. 건설분야에서의 세부사례 공유, 교환 및 결합

##### 4.1 건설분야 사례기반추론 시스템의 사례관련지식

본 논문에서는 제시하는 방법론을 적용할 대상으로 오피스빌딩에 대한 건축 분야를 선택하였다. H건설에서는 오피스빌딩 사업관리를 위한 사례기반추론 시스템을 개발하여 지속적으로 활용하고 있다. 이 시스템의 목적은 주요 공사정보 입력만으로 초기 공정계획을 자동으로 수립하는데 있으며, 이를 위해 초기

공정계획에 대한 일반적인 지식 및 사례에 대한 표현을 프레임 기반으로 작성하였다. 그리고 이러한 프레임 기반의 표현방식을 이용하여 사례기반추론을 수행하는 애플리케이션이 개발되었다. 이 시스템에서는 기존의 초기 공정계획을 담고 있는 사례들이 세부사례들로 구성되어 있어, 주어진 문제를 해결하고자 할 때에는 일정 단위의 세부사례들을 대상으로 가장 유사한 세부사례들을 검색하게 되며, 검색된 세부사례를 주어진 제약식에 맞게 결합함으로써 전체사례를 구성하는 것이 가능하다. 현재의 시스템에서는 프레임 기반의 세부사례들을 표현하여 활용하고 있다.

<Table 1>은 이 시스템에서 사용하는 지식을 요약하여 보여준다. 사례관련 지식은 건물을 건축하기 위해 수립하여야 하는 초기 공정계획 프로젝트 사례에 해당하는 지식을 말한다. 실제 공정표는 활동들 간의 선후관계로 구성되며 공정과 관련된 상세정보는 모두 활동에 기록되어 있으므로 이 활동들의 집합이

<Table 1> Knowledge for CBR System in Construction Area

Category	Contents	Explanation and Examples	File Name
Case Related Knowledge	Case Specification	Basic information of the case. A case consists of a number of sub-networks. Ex) Category, Number of floors, Construction methods, Construction Extent, Circumference	CaseName.fet
	SubNetwork	Information about a part of process planning. A subnetwork consists of one or more subnetworks.	CaseName.ind
	Activity	Basic unit of process planning. It is connected to a leaf of the subnetwork hierarchy.	CaseName.sol
Early Process Planning General Knowledge	WBS	General breakdown structure for the works of construction. Standard information for the construction of process planning. It has a hierarchy form.	Wbs.frm
	Meta-SubNetwork	Basic template for the construction of the subnetwork hierarchy. It has information about similarity between parts of process planning.	IndexKB.frm
	Precedence Constraints	Knowledge of the precedence between activities for the combination of activities.	Precon.frm



앞서 설명한 사례의 솔루션이라고 할 수 있다. 사례의 사양은 유사사례를 찾기 위해 사용되고, 서브네트워크는 적절한 세부사례를 찾아서 유사도를 계산하는데 사용된다.

초기 공정계획 일반지식의 첫째 항목은 WBS (Work Breakdown Structure)이다. WBS는 계층구조를 가지며 WBS의 최하위 작업들은 초기 공정계획의 실제 작업단위인 활동과 연결된다. 이 때 WBS의 계층구조와 서브네트워크의 계층구조는 동일하게 활동과 연결되지만, WBS는 일반적인 분류체계인 반면, 서브네트워크는 실제로 공정표 상에서 순서대로 수행되어야 할 작업들의 집합이라는 차이점이 있다. 따라서 둘의 구조는 서로 다르게 구성된다. 사례에서 특정 세부사례인 서브네트워크에 대해 유사도를 계산하기 위해서는 해당 부분공정표와 연결된 메타서브 네트워크에 있는 유사도 정보를 이용하여 다른 사례에 있는 서브네트워크와의 유사도를 계산한다.

#### 4.2 세부사례 선택을 위한 유사도계산

주어진 세부사례와 가장 유사한 세부사례들을 선택하기 위해서는 세분화된 세부사례 각각에 대해 적절하게 유사도를 계산할 수 있어야 한다. 이를 위해서 기존의 시스템에서는 아래와 같이 프레임을 이용하여 각 세부사례들에 대한 유사도 규칙을 표현하였다. 아래 예를 보면 메타서브 네트워크인 토목 선행부는 AGGREGATE-TO 슬롯을 통해 토목공사에 연결되어 있고, 유사도 계산 항목으로는 DISTANCE 항목에 총 7개가 표현되어 있다. 이 중에서 첫 줄의(D\_터파기둘레 2) (D\_토공깊이 4)는 아래의 H-PILE 프레임에서 표

현되어 있는 H-PILE에 대한 유사도 척도로서 이는 H-PILE이 토목선행부의 세부 사례이기 때문에 그 값을 그대로 사용하게 된다. 여기서 D\_터파기둘레는 유사도 척도를 나타내고 그 옆의 숫자 2는 고유 가중치를 나타낸다. 이 표현의 문제점은 토목선행부가 세부사례인 H-PILE의 유사도를 가져다 쓰도록 선언하지 않고, 동일한 값을 중복하여 선언하고 있다는 점이다. 마찬가지로 토목선행부의 다른 세부사례인 CIP와 SCW에 대해서도 유사도를 중복해서 선언하고 있다. 이는 나중에 유사도에 변경이 있을 때 일관성의 오류를 가져올 수 있다. 또한 H-PILE에 대해 유사도를 한번 계산하면 토목선행부에서는 그 값을 그대로 가져다 쓸 수 있음에도 불구하고 중복해서 계산을 수행하게 된다. 뿐만 아니라 이렇게 선언된 내용으로부터 사전 지식 없이 이러한 사항들을 알아내기 어렵게 함으로써 지식에 대한 이해도를 떨어뜨리고 있다.

```
(DEFRAME 토목선행부
(IS-A META-SUBNETWORK)
(AGGREGATE-TO 토목공사)
(DISTANCE(D_터파기둘레 2) (D_토공깊이
4); H-PILE
(D_터파기둘레 2) (D_토사깊이
4); CIP
(D_터파기둘레 2) (D_토사깊이
4); SCW
(D_토목선행부공법 24))
```

```
(DEFRAME H-PILE
(IS-A META-SUBNETWORK)
(AGGREGATE-TO 토목선행부)
(INDEX-WBS AB AA AQ AU)
(DISTANCE(D_터파기둘레 2) (D_
토공깊이 4))
```

위의 예에서 토목선행부의 유사도는 세부 사례인 H-PILE, CIP, SCW의 유사도와 자체적인 유사도인 D\_토목선행부 공법으로 이루어져 있다. 따라서 세부사례 각각의 유사도를 구하여 합산하고, 여기에 D\_토목선행부공법의 유사도에 가중치인 24를 곱하여 더하면 된다. 아래 예는 D\_토목선행부 공법이라는 유사도 척도에 대한 기존의 프레임 표현을 보여준다. 이 예에서 D\_토목선행부 공법은 DISTANCE 방식으로 유사도를 계산하며 계산 대상은 COMBINATION-OF-METHODS에 속하는 값들이다.

```
(DEFRAME D_토목선행부공법
(METHOD DISTANCE)
(CONTENT(CIVIL-WORK COMBINATION-OF-METHODS))
```

DISTANCE 방식은 두 값이 직접 비교 가능한 숫자 형태가 아니라 특정 문자열로 된 대상인 경우, 미리 정의되어 있는 각 값들 간의 거리를 사용하겠다는 방식이다. 아래 예를 보면 “H-PILE+토류관+띠장+STRUT”와 “H-PILE+토류관+띠장+E/A” 간의 거리가 3.0으로 정의되고 있음을 알 수 있다. 만일 현재 대상이 되는 문제의 토목선행부에서 토목선행부공법이 “H-PILE+토류관+띠장+STRUT”이고, 비교대상인 세부사례의 토목선행부공법이 “H-PILE+토류관+띠장+E/A”라면 유사도는 3.0이 되며, 여기에 가중치인 24를 곱하면 72가 된다.

```
(DEFRAME D_토목선행부공법-DIS
(“H-PILE+토류관+띠장+STRUT -
```

```
H-PILE+토류관+띠장+E/A” 3.0)
(“H-PILE+토류관+띠장+STRUT-H-PILE+CIP+LW+토류관+띠장+STRUT” 8.0)
(“H-PILE+토류관+띠장+STRUT-H-PILE+CIP+LW+토류관+띠장 E/A” 8.0)
```

### 4.3 세부사례 연결을 위한 선후제약조건

유사도 규칙을 이용하여 유사한 세부사례들을 가져오게 되면 이러한 세부사례들을 순서에 맞게 조합하여야 한다. 이를 위해서는 세부사례들 간의 선후제약조건을 알아야만 한다. 아래의 프레임 선언은 이러한 선후제약조건을 표현을 나타낸다. 예에서 PC11-02는 AQ와 AA가 RELATION-TYPE FS, 즉 AQ가 종료되어야만 AA가 시작할 수 있는 형태로 연결되어 있음을 나타낸다. 아래 예에서 RELATION-OPERATOR와 RELATION-VALUE는 AQ가 종료되고 AA가 시작하는 중간에 얼마의 지연이 요구되는지 나타낸다.

```
(DEFRAME PC11-02
(IS-A META-PRECEDENCE-CONSTRAINT)
(PREDECESSOR AQ)(SUCCESSOR AA)
(RELATION-TYPE FS)
(RELATION-OPERATOR > =)(RELATION-VALUE 0)
(VALUE-TYPE DAY)
(RELATED-SUB-NET 토목공사)
```

선택된 세부사례들에 대해 위와 같은 선후제약조건을 매칭함으로써 선후관계를 알아내면 이에 따라 세부사례들을 결합함으로써 완전한 하나의 사례를 구성할 수 있다.

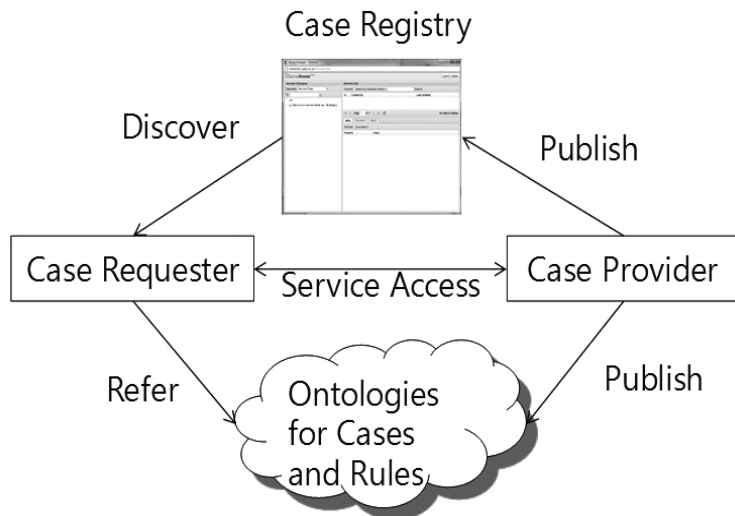
## 5. 시맨틱 웹 기반의 세부사례 공유 및 교환을 위한 사례기반추론 시스템

이 장에서는 시맨틱 웹 기반의 사례 공유 및 교환을 위한 전체적인 프레임워크를 제안하고, 이 프레임워크를 보다 구체화한 구조와 프로세스를 제안하고자 한다. 제안된 구조와 프로세스는 제3장에서 제시한 논점 중 구조와 프로세스에 대한 논점에 대한 해결 방안을 포함한다

### 5.1 시맨틱 웹 기반의 세부사례의 공유 및 교환을 위한 프레임워크

<Figure 1>은 시맨틱 웹 기반의 세부사례 교환을 통한 사례기반추론의 단순화된 구조를 보여주고 있다. 사례제공자(Case Provider)는

자신이 가진 사례들을 사례 레지스트리(Case Registry)에 등록한다. 이 때, 사례제공자는 사례 전체를 사례 레지스트리에 저장하는 것이 아니라 사례의 인덱스만을 등록한다. 제 4장의 건설분야를 예로 들면, 사례 인덱스는 사례의 사양과 서브네트워크를 포함한다. 이 인덱스를 참조함으로써 사례요청자(Case Requester)는 사례 레지스트리에서 자신의 현재 문제와 유사한 사례들을 검색할 수 있다. 이 사례 인덱스에는 세부사례에 대한 정보들도 포함되어 있다. 사례요청자가 필요한 세부사례들을 찾아내면 각 세부사례에 해당하는 사례 솔루션들을 사례 제공자에게 직접 요청하여 제공받는다. 이 때 사례에서 사용되는 용어들에 대한 의미적 상호호환성은 웹을 통해 사례에서 사용된 온톨로지를 직접 참조함으로써 구현될 수 있다.

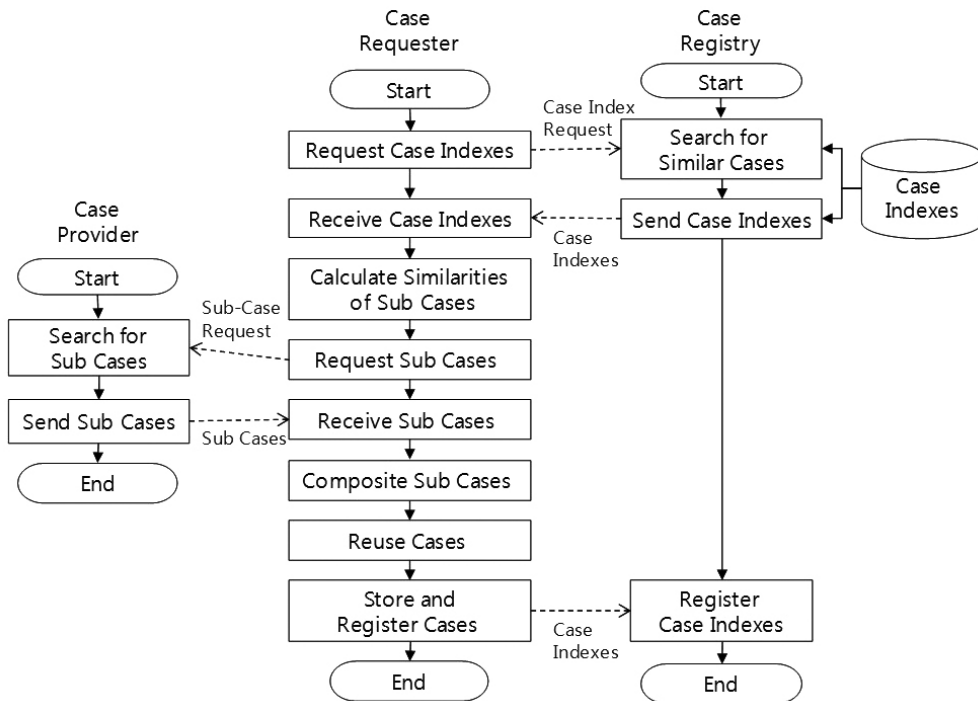


<Figure 1> Framework for Semantic Web Based Case Share and Exchange

## 5.2 시맨틱 웹 기반의 세부사례 교환 프로세스

<Figure 2>는 사례 레지스트리를 통하여 사례요청자가 사례제공자로부터 세부사례를 제공받아 활용하는 프로세스를 순서도로 보여 준다. 먼저 사례요청자 즉 사례기반 애플리케이션은 사례 레지스트리에 사례 인덱스를 요청한다. 이 때 현재 해결하고자 하는 문제의 기본정보들을 사례 인덱스 요청(Case Index Request)에 담아서 보낸다. 예를 들어 오피스 빌딩에 대한 사례를 요청하는 경우에, 요청하는 사례의 종류 즉 오피스라는 것과 지하 층수, 지상 층수, 토목공법, 공사면적, 공사둘레, 토사깊이 등의 정보들을 보낸다. 사례 레지스

트리는 이러한 정보들을 이용하여 등록된 사례 중 유사한 사례를 검색하여 해당 사례의 인덱스들을 전송한다. 이 인덱스에는 세부사례에 대한 인덱스가 포함되어 있다. 사례기반 애플리케이션은 주어진 사례 인덱스에 포함되어 있는 세부사례들에 대해 유사도를 계산함으로써 가장 유사한 세부사례들을 여러 사례들로부터 골라낸다. 세부사례가 선택되면 세부사례에 해당하는 사례 솔루션들을 사례제공자에게 요청하고, 사례요청자는 세부사례 솔루션을 사례 베이스에서 검색하여 제공한다. 이 때, 사례제공자는 실제 솔루션을 제공하게 되므로 인증 및 결제와 같은 다양한 방법을 통해 이에 대한 대가를 요구하고 받을 수 있다. 즉, 실제로 세부사례에 대한 솔루션을 제



<Figure 2> Semantic Web Based Case Exchange Process

공 받는 시점에서 대가에 대한 세부 프로세스가 시작되므로 사례 레지스트리는 지불과 같은 부분에서 자유로울 수 있다. 제공 받은 세부사례들은 규칙에 맞게 조합한 후에 수정과정을 거쳐 재사용하게 된다. 사용된 사례는 사례 베이스에 저장되고 사례 인덱스는 사례 레지스트리에 등록한다.

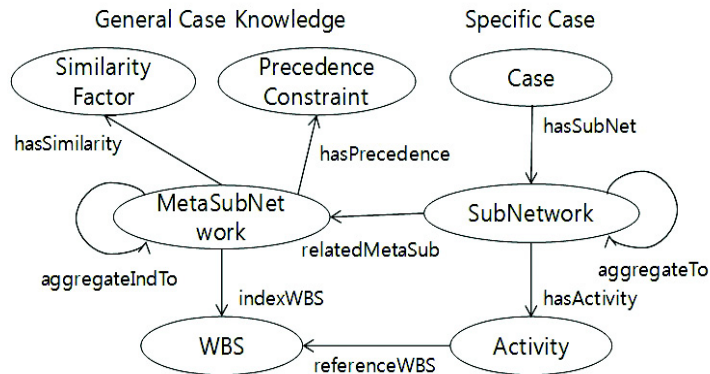
## 6. 세부사례 교환을 위한 온톨로지의 구축 및 효과

### 6.1 온톨로지의 전체적인 표현 구조

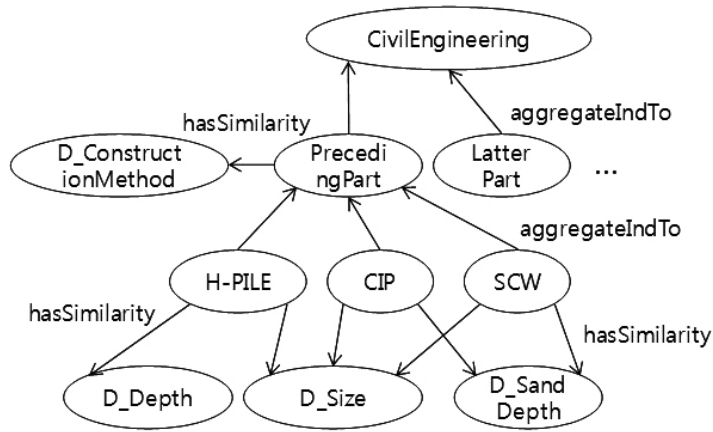
<Figure 3>은 제 4장에서 설명한 사례와 일반지식들을 온톨로지 표현하기 위한 전체적인 구조를 보여준다. 기존 표현방식의 가장 큰 문제는 프레임으로 표현된 지식들간의 연결이 명시되지 않기 때문에 연결구조를 파악하기 위해서는 프로그램의 소스코드를 분석해야 한다는 점이다. 예를 들어 메타서브 네트워크의 계층구조는 aggregate-to 슬롯을 이용하

여 표현되는데, 이 슬롯의 값이 다른 서브네트워크를 지칭한다는 것은 미리 메뉴얼을 보고 파악하거나 소스코드를 분석해야만 알아낼 수 있다. 그러나 온톨로지에서는 aggregateTo를 객체속성(object property)으로 선언하고 rdfs:range와 rdfs:domain에 메타서브 네트워크를 지정함으로써 aggregateTo가 계층구조를 표현하기 위해 사용되고 있음을 선언적으로 표현할 수 있다. 즉 프레임으로 선언되어 있는 지식 구조에서는 각각의 프레임들이 어떻게 연결되고 있는지를 알아내기가 매우 어렵지만 온톨로지 표현했을 때에는 <Figure 3>과 같이 쉽게 전체적인 구조를 파악하는 것이 가능하다.

제 4장에서 설명한 사례 관련 지식에서 사례의 사양은 Case 클래스로 구현하고, 서브네트워크와 활동은 각각 SubNetwork와 Activity 클래스로 구현하였다. 그리고 이들 간의 관계를 객체속성인 hasSubNet와 hasActivity로 표현하였다. 일반지식 중 WBS는 WBS 클래스로 구현하고, 메타서브 네트워크는 MetaSubNetwork로 구현하였다. 메타서브 네트워크에서 유사도와 관련된 부분은 SimilarityFactor 클래스



<Figure 3> Overall Ontology for Case and Knowledge Representation



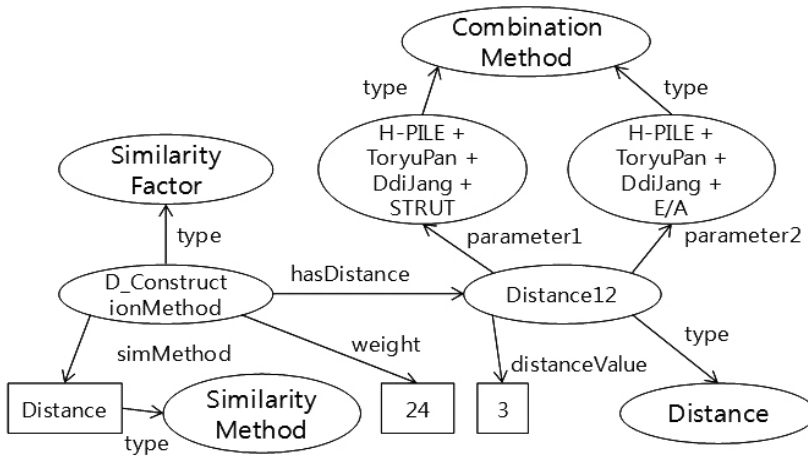
〈Figure 4〉 Representation of Similarity Links between Meta-Subnetwork and Similarity Factors

로 구현하였다. 그리고, 선후관계 제약식은 Precedence Constraint 클래스로 구현하였다.

## 6.2 세부사례 선택을 위한 유사도 규칙 표현

온톨로지를 이용한 유사도 규칙의 표현에

서는 제 4.2절에서 지적된 문제점을 극복하기 위해 〈Figure 4〉와 같이 토목선행부(Preceding Part)에 대해 H-PILE, CIP, SCW를 aggregateIndTo로 연결함으로써 토목선행부에 대한 유사도를 계산하고자 할 때, 토목선행부에 직접 hasSimilarity로 연결된 유사도 척도 외에 하부 메타서브 네트워크인 H-PILE, CIP, SCW



〈Figure 5〉 Representation of Similarity Factors

의 유사도 값들을 활용할 수 있도록 하였다. <Figure 4>를보면 H-PILE은 D\_Depth (토공 깊이) 유사도 척도와 D\_Size(터파기둘레) 유사도 척도를 이용하여 유사도를 계산할 수 있으며, D\_Size(터파기둘레) 유사도 척도의 경우에는 CIP, SCW와 공유하고 있음을 볼 수 있다.

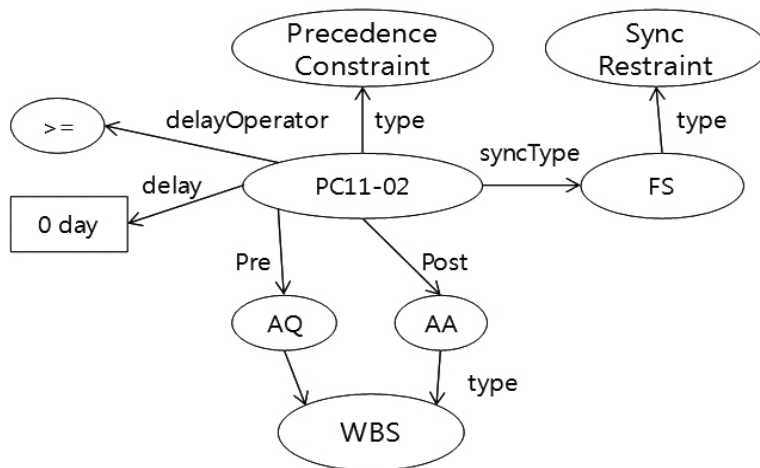
이상과 같은 방법으로 메타서브네트워크와 그에 대한 유사도 척도들을 연결했다면, 이제 유사도 척도 자체에 대한 표현이 필요하다. 제 4.2절에서 설명된 유사도 척도에 대한 프레임 표현을, 온톨로지를 이용하여 보다 구조적으로 표현하기 위해 <Figure 5>와 같이 표현하였다. <Figure 5>에서 D\_Construction Method(토목선행부공법)는 SimiarityFactor의 인스턴스로 유사도 척도임을 쉽게 알 수 있다. 이 척도는 simMethod로 Similarity Method에 연결되어 어떤 유형의 값에 대한 유사도 척도임을 알 수 있게 해준다. 척도의 hasDistance 속성은 이 척도가 참조하여야 하는 거리 값들

을 연결 해 준다. 그 중 하나인 Distance12는 “H-PILE+ToryuPan + DdiJang + STRUT”와 “H-PILE+ToryuPan + DdiJang+E/A” 간의 거리를 표현하고 있는데, 각각 parameter1과 parameter2 속성으로 연결되어 있으며, distance Value 속성은 이 두 값 간의 거리가 3임을 보여준다.

이상과 같이 표현함으로써 유사도에 대한 표현을 기존의 프레임 기반보다 구조적으로 표현함으로써 이해가 쉽고 자동으로 처리가 가능한 형태로 만들었다.

### 6.3 세부사례 연결을 위한 선후제약조건 표현

<Figure 6>은 제 4.3절의 프레임 표현을 온톨로지로 변환한 것이다. Preced-PC11-02는 Precedence Constraint이며, syncType은 RELATION-TYPE에 대응되고, delayOperator 와 delay 속성은 각기 RELATIONOPER ATOR



<Figure 6> Representation of Precedence Constraints

와 RELATION-VALUE에 대응된다. 마지막으로 Pre와 Post는 PREDECESSOR와SUCCESSOR에 대응된다.

앞 예에서 AQ와 AA의 선후관계는 PC11-02를 통해서만 알아낼 수 있다. 이를 보완하기 위하여 다음과 같은 SWRL 형태의 규칙을 추가하였다.

```
PrecedenceConstraint(?x) ^ Pre(?x, ?y) ^
Post(?x, ?z) → predecessor(?y, ?z)
PrecedenceConstraint(?x) ^ Pre(?x, ?y) ^
Post(?x, ?z) → successor(?z, ?y)
```

이렇게 함으로써 WBS 인스턴스들 간의 직접적인 선후관계를 알아내어, 프로그램에서 이를 활용할 수 있도록 하였다.

#### 6.4 온톨로지 표현의 효과

시맨틱 웹의 목적은 기계 혹은 소프트웨어가 웹에 공개된 지식을 이해하고 자동으로 처리할 수 있도록 하는 데에 있다. 따라서 본 연구에서 사례기반추론에 필요한 지식들을 온톨로지로 표현한 것의 궁극적인 효과 역시 프로그램이 사례기반추론 관련 지식들을 자동으로 처리하는 것에 있다고 할 수 있다. 즉, 사례 자체뿐만 아니라 사례를 평가하고 결합하기 위한 지식들을 온톨로지로 표현함으로써, 적절한 사례를 검색하고 조합하여 교환 및 재사용하는 과정을 자동화하는 것이 최종적인 효과라고 할 수 있을 것이다. 그러나 이에 못지않게 중요한 효과는 온톨로지 표현을 통해 자체 문서화(self-documenting) 기능을 하게 된다는 것이다. 예전 프레임 형태의 지식은 본

문에서 언급한 바와 같이 이해가 어려울 뿐만 아니라 중복표현의 문제점이 있다. 따라서 연구를 수행하는 과정에서 문서화된 자료를 보고도 이해하지 못하는 경우가 종종 발생하였다. 그러나, 온톨로지로 표현된 후에는 온톨로지 스키마만을 보고도 전체적인 구조를 파악하는 것이 가능했다. 다음과 같은 세부적인 단계의 분석을 통해 그와 같은 효과를 설명할 수 있다.

첫째, 온톨로지 표현은 기존 지식을 의미적으로 재구조화한다. 예를 들어 <Figure 5>의 프레임 표현에서는 토목선행부 프레임의 슬롯인 DISTANCE의 값(D\_토목선행부공법 24)에서 24의 의미를 프레임만 보고서는 알 수 없었다. 따라서 이에 대한 처리도 프로그램 내부에 하드코딩되어 처리되었다. 그러나 온톨로지 표현에서는 weight 속성으로 연결되기 때문에 의미의 파악이 가능하다. 이와 같은 의미 재구조화는 프로그램에 의한 자동화 처리를 가능케 하는 동시에 이를 파악해야 하는 사람에게도 보다 쉽게 이해가 가능하도록 해준다.

둘째, 온톨로지 표현은 각각의 지식들을 의미적으로 상호 연결한다. 예를 들어 <Figure 4>를 보면 메타서브 네트워크가 hasSimilarity 속성의 값으로 유사도 척도를 갖는다는 것을 알 수 있고, 이는 온톨로지 스키마에서 hasSimilarity 속성에 대한 rdfs : range와 rdfs : domain을 확인함으로써 <Figure 5>와 같은 실제 값을 보지 않고도 구조에 대한 확인이 가능하다. 그러나 기존의 프레임 구조에서는 메타서브 네트워크 프레임에 대한 문서를 보고도 이러한 연결관계를 명확히 이해하는 것이 쉽지 않았으며, 실제로 구축된 내용을 확인해도 전문가의 설명 없이는 명확한 이해가 어려웠다. 즉, 온톨로지 표현은 기계의 이해도를 높일



뿐만 아니라 사람의 이해도 역시 높이는 결과를 가져왔다고 할 수 있다.

## 7. 결 론

사례기반추론은 유사한 형태의 작업을 반복하여 수행하여야 하거나 유사한 문제를 해결해야 할 때 유용하게 사용할 수 있는 도구이다. 과거의 유사한 사례들로부터 가장 근접한 사례를 찾아 현재의 환경에 맞게 변형함으로써 주어진 문제를 해결하게 되는데, 이 때 과거의 사례가 얼마나 풍부한가가 결과에 중요한 영향을 끼치게 된다. 과거의 사례가 부족한 경우에도 최대의 효과를 내기 위해, 하나의 사례를 세부 사례로 분리하고 여러 사례들로부터 적절한 세부 사례들을 가져와 조합하여 새로운 사례를 만드는 방법이 있다. 본 논문에서는 시맨틱 웹을 기반으로 하여 이러한 세부 사례들을 교환함으로써 사용 가능한 사례의 수를 더욱 늘리는 방안을 제시하였다. 이 때, 사례 전체를 교환하는 것과는 달리, 첫째 사례와 세부 사례 간의 연결이 표현되어야 하고, 둘째 세부 사례 단위의 유사도 규칙을 표현하여 활용할 수 있도록 지원하여야 하며, 셋째 세부 사례들을 조합하기 위한 규칙을 표현하고 이를 이용해 새로운 사례를 만들 수 있도록 지원하여야 한다. 본 논문에서는 이를 위해 프로티지(<http://protege.stanford.edu/>)를 이용하여 제 5장에서 제안한 온톨로지를 OWL 문서로 구축하고, 이를 이용하여 기존 사례들을 변환한 후, 프로토타입에서 세부사례의 교환 및 결합이 제안된 바와 같이 수행됨을 확인하였다. 제안된 방법을 다양한 분야에 적용함으로써 각 분야에서 사례기반

추론이 유용하게 사용될 수 있을 뿐만 아니라 사례 수가 많지 않은 분야에서도 그 효과가 더욱 증대될 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 시맨틱 웹 기반의 사례 공유를 가정으로 하였기 때문에 실제 공유를 통해 얼마나 많은 개선이 있는 지를 측정하는데 많은 어려움이 있어, 성능에 대한 비교를 수행할 수 없었다. 향후 실제 시스템을 도입하고 운영을 하게 된다면 세부 사례의 교환을 통한 효과를 측정할 수 있으리라 생각된다. 또한 본 논문에서는 건설분야를 대상으로 하여 온톨로지를 제안했기 때문에 일반적인 세부 사례교환에 대한 표준 온톨로지의 구현이라는 측면에서 부족함이 있다. 향후 다른 분야에서 적용을 통해 일반화된 온톨로지를 제안할 수 있을 것으로 기대된다.

---

## References

---

- [1] Aamodt, E. P., "Case Based Reasoning : Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches," *Artificial Intelligence Communications*, Vol. 7, pp. 39-59, 1994.
- [2] Alexander, P. and Tsatsoulis, C., "Using Sub-cases for Skeletal Planning and Partial Case Reuse," *International Journal for Expert Systems*, Vol. 4, No. 2, pp. 117-140, 1992.
- [3] Lee, Berners, T., Hendler, J., and Lassial, O., "The Semantic Web," *Scientific A-*

- merican, 2001.
- [4] Bichindaritz, I., “Mémoire : A Framework for Semantic Interoperability of Case-Based Reasoning Systems in Biology and Medicine,” *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol. 36, No. 2, pp. 177-192, 2006.
- [5] Bouquet, P., Giunchiglia, F. van Harmelen, F., Serafini, L., and Stuckenschmidt, H., “Contextualizing Ontologies,” *Journal of Web Semantics*, Vol. 1, No. 4, pp. 1-19, 2004.
- [6] Clement, L., Hately, A., von Riegen, C., and Rogers, T., “UDDI Version 3.0.2,” UDDI Spec Technical Committee Draft, <http://www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/spec/v3/uddi-v3.0.2-20041019.htm>, 2004.
- [7] Gruber, T., “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications,” *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220, 1993.
- [8] Hammond, K. J., “Case Based Planning: A Framework for Planning from Experience,” *Cognitive Science*, Vol. 14, No. 3, pp. 385-443, 1990.
- [9] Han, D., Koo, H, Ko, I., “A Survey on Web 2.0 Based Software Engineering,” *Journal of Information Science : Software and Applications*, Vol. 39, No. 9, pp. 714-722, 2012.
- [10] Han, S., Yoon, J., and Cho, K., “Design and Implementation of Agent Systems based on Case Markup Language for e-Learning,” *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 6, No. 3, pp. 63-80, 2001.
- [11] Hayes, C. and Cunningham, P., “Case Based Markup Language,” <http://xml.coverpages.org/cbml.html>, 2000.
- [12] Heath, T. and Bizer, C., “Linked Data : Evolving the Web into a Global Data Space,” *Synthesis Lectures on the Semantic Web : Theory and Technology*: Morgan and Claypool, 2011.
- [13] Horrocks, I., “DAML+OIL : A DescriptionLogic for the Semantic Web,” *IEEE Data Engineering*, Vol. 25, No. 1, pp. 4-9, 2002.
- [14] Kim, J. and Kwon, O., “Group Cohesiveness Context Aware Computing Methodology for Computer Mediated Communication,” *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 16, No. 6, pp. 1-18, 2011.
- [15] Kim, Y., “A Study on Freedom of Information in the Government 2.0 era,” *Studies of Archival Science*, Vol. 25, pp. 197-231, 2010.
- [16] Kolodner, J. L., “An Introduction to Case Based Reasoning,” *Artificial Intelligence Review*, Vol. 6, pp. 3-34, 1992.
- [17] Lee, H. and Kim, H., “Evolution of Business Model of E-Trade in Web 2.0,” *e-Business Studies*, Vol. 11, No. 5, pp. 359-379, 2010.
- [18] Lee, J. and Myoung, H., “Development of a Book Recommender System for Internet Bookstore using Case-based Reasoning,” *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 14, No. 4, pp. 173-191, 2008.
- [19] Lee, K., Lee, J., Kim, H., Kim, C., Kim,

- T., Yoon, M., Hwang, W., and Park, H., "Case and Constraint-Based Apartment Construction Project Planning System : FASTrack-APT," Proceedings of Korean Intelligent Information Systems, pp. 89-95, 1997.
- [20] Lieber, J. and Napoli, A., "Decentralized Case-Based Reasoning for the Semantic Web," Proceedings of the 4th International Semantic Web Conference, ISWC2005, 2005.
- [21] Manola, F., Miller, E., "Resource Description Framework(RDF) Primer," W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>, 2004.
- [22] Park, S., Kim, H., and Lee, J., "Case Synthesizing Expert System for Network-Based Project Planning : A Bridge Construction Planning Case," Proceedings of Korean Intelligent Information Systems, pp. 388-395, 1997.
- [23] Smith, M. K., Welty, C., McGuinness, D., "OWL Web Ontology Language Guide. W3C Recommendation," <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>, 2004.
- [24] Tah, J. H., Carr, V., and Howes, R., "Information Modelling for Case Based Construction Planning of Highway Bridge Projects," Advances in Engineering Software, Vol. 30, No. 7, pp. 495-509, 1999.
- [25] Thakker, D., Osman, T., and Al-Dabass, D., "S-CBR : Semantic Case Based Reasoner for Web Services Discovery and Matchmaking," ECMS Proceedings, 2006.
- [26] Wyner, A., "An Ontology in OWL for Legal Case-Based Reasoning," Artificial Intelligence and Law, Vol. 16, No. 4, pp. 361-387, 2008.

## 저 자 소 개



박상언  
1992년  
1999년  
2006년  
2007년~현재  
관심분야

(E-mail : supark@kgu.ac.kr)  
KAIST 전산학 (학사)  
KAIST 경영공학 (석사)  
KAIST 경영공학 (박사)  
경기대학교 경영정보학과 교수  
웹기반 지능정보시스템, 시맨틱 웹, 온톨로지 매핑,  
의미기반검색, 지능형 전자상거래



강주영  
1995년  
19997년  
2005년  
2005년~현재  
관심분야

(E-mail : jykang@ajou.ac.kr)  
포항공대 전산학 (학사)  
서울대학교 컴퓨터공학 (석사)  
KAIST 경영공학 박사  
아주대학교 e-비즈니스학과 교수  
기업정보시스템, 웹기반 지능정보시스템, 시맨틱 웹,  
클라우드 컴퓨팅, 빅데이터