

온톨로지를 이용한 프로세스 기반 지식지도 구축[†]

(Ontology-based Implementation of the Process-oriented Knowledge Map)

유기동*, 황현석**

(Keedong Yoo and Hyunseok Hwang)

요약 지식지도는 지식 간의 상호 연관성을 기초로 전체적인 지식의 현황을 보여주는 도식으로, 상황에 따라 다양하게 해석 및 적용될 수 있는 지식의 특성을 보다 형식화되고 정형화된 방식으로 표현하기 위해 온톨로지 기술의 적용이 필요하다. 본 연구는 지식 네트워크에 나타나는 지식 간 상호참조적 네비게이션이 가능하도록 온톨로지 기술을 기반으로 지식지도를 정의하고 표현하는 방법론을 제시한다. 제시된 방법론의 타당성을 검증하기 위하여, 온톨로지 모델링 도구인 Protege-OWL을 이용하여 실제 지식지도를 모델링하고, 몇 가지 예제를 통해 구현된 온톨로지 기반 지식지도가 실제로 지식 간의 상호참조적 네비게이션을 반영하는 지식 네트워크를 구성하는지 알아본다.

핵심주제어 : 온톨로지 기반 지식지도, 프로세스 중심 지식지도, 상호참조적 네비게이션, 지식 네트워크, Protege-OWL

Abstract A knowledge map is a diagramed network among knowledge which is related with each other in terms of the referential navigation. To formally as well as structurally represent various contextual use of knowledge, the ontology technology has been recommended to be applied. This research proposes a methodology to build the ontology-based knowledge map promoting referential navigation between knowledge. To prove the validity of the proposed concepts, an ontology-based knowledge map is designed as an example, which demonstrates whether the designed knowledge network in the knowledge map is underpinned by the referential navigation between knowledge.

Key Words : Ontology-based knowledge map, Process-based knowledge map, Referential navigation, Knowledge network, Protege-OWL

1. 서론

지식지도(Knowledge map)는 새롭게 획득된 지식과

기존의 지식, 즉 지식관리시스템(Knowledge Management System, KMS)에 의해 저장 및 관리하는 지식들 간의 관계를 파악하여 이를 이해하기 쉽도록 도식화한 일종의 지도이다. KMS에 저장되는 지식의 현황과 관계를 지식지도를 통하여 표현할 수 있으며, 이러한 관계를 이용하여 상호 관련된 지식 간의 상호참조적(Referential) 네비게이션(Navigation)이 가능해진다

[†] 이 논문은 2012-2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 중견연구자지원사업(인문사회)의 지원을 받아 수행된 연구임(H00021)

* 단국대학교 경영학부, 제1저자

** 한림대학교 경영학과, 교신저자

(Mansingh et al., 2009). 즉 지식지도는, 사용자가 사용(참고)하는 하나의 지식의 이해 또는 활용을 위해 필수적 또는 선택적으로 이해 및 활용하여야 하는 또 다른 지식(들)에 대한 정의를 담고 있는, 일종의 지식 활용 참고서로의 가치를 갖는다. 이러한 지식지도는 KMS의 지식 저장구조를 판가름하는 역할을 수행하므로, 사용자가 느끼는 지식 검색 및 추출의 용이성(Convenience)과 정확성(Accuracy)을 결정함과 동시에, 추출 및 활용되는 지식의 현실 적용성(Applicability)을 배가시킬 수 있다.

기존의 KMS는 지식을 하나의 전자문서로 간주하여, 지식의 관리를 기존 전자문서관리시스템(Electronic Document Management System, EDMS)의 워크플로우를 기반으로 수행한다. EDMS는 프로세스를 수행하며 발생하는 문서를 저장 및 공유하는 데에 있어 중요한 기여를 하는 것으로 평가될 수는 있으나, 문서를 주제별 또는 업무별 계층(Hierarchy) 구조로 분류하여 관리하므로 지식의 분류 및 저장에는 적합하지 못하다. 즉, 계층적 분류 및 저장 체계는 상황에 따라 다양하게 해석 및 적용될 수 있는 지식의 특성을 반영하지 못한다. 하나의 지식은 상황에 따라 또 다른 의미를 가질 수 있으므로 다양한 문제 상황에 적용될 수 있으며, 따라서 이러한 특성을 반영하여 분류 및 저장하기 위해서는 계층형 분류체계를 이용하는 것보다 네트워크형 또는 고차원적인 관계를 표현할 수 있는 지도(Map)형의 분류체계를 이용하는 것이 더욱 적합하다(Lin & Yu, 2009).

온톨로지(Ontology)는 일상적 현상에 대하여 보고 듣고 느끼고 생각하는 것에 대하여 서로 간의 토론을 통하여 합의를 이룬 바를 개념적이고 컴퓨터에서 다룰 수 있는 형태로 표현한 모델로서, 개념의 유형이나 사용 상의 제약조건들을 명시적으로 정의하는 기술이다. 온톨로지는 특정 개념의 도메인에 대한 형식적(Formal) 모델링을 통해 효과적이고 효율적인 지식 공유를 가능하게 하는 프레임워크이다(Gruber, 1995). 온톨로지를 통해 조직의 구조(Structure)와 행위(Behavior)를 묘사하는 용어(Term) 및 제약조건(Constraint)의 정의가 가능하며(Zhang et al., 2007), 조직의 활동(Activity), 프로세스, 정보, 자원 등을 모델링할 수도 있다(Fox & Gruninger, 1998). 온톨로지의 장점은, (1) 특정 도메인 내의 관련자(Stakeholder) 간 정보구조에 대한 상호 이해 공유가 가능하고, (2)

보다 효과적인 의사소통 및 아이디어 공유가 가능하며, (3) 분야 초보자가 빠르고 수월히 도메인 지식과 개념을 이해할 수 있도록 지원하며, (4) 도메인 지식의 분석을 지원한다(Noy & McGuinness, 2001). 따라서 이러한 온톨로지 기술의 특성은 지식의 표현, 특히 하나의 지식과 관련된 또 다른 지식과의 관계와 특성을 묘사하는 데에 매우 효과적인 방법으로 이해될 수 있다. 특히 지식 간의 상호참조적 관계를 네트워크 형식으로 묘사할 수 있는 지식지도를 온톨로지 기반으로 표현 및 구현하는 것은 두 가지 기술의 본질적인 장점을 배가시키는 시너지 효과를 기대할 수 있다. 즉, 지식은 독립적으로 의미를 갖기 보다, 해당 지식을 사용하는 세부업무(Task) 및 이를 포함하는 프로세스(Process)와 함께 이해될 수 있으므로, '지식-세부업무-프로세스'의 연관성을 온톨로지의 클래스 및 관계 정의 절차를 통해 매우 수월하게 정의할 수 있다. 또한 온톨로지로 정의된 개념 간의 관계를 추론하는 경우 지식지도 상에서는 파악되지 않는 새로운 지식 또는 새로운 관계를 산출할 수 있으므로, 결과적으로 지식지도의 자동적인 확장이 가능하다. 이러한 이유로 인하여 KMS의 구축에 온톨로지 개념을 적용하는 많은 연구들을 찾아볼 수 있다(Savvas & Bassiliades, 2009; Zhang et al., 2011; Carlos et al., 2011; Han & Park, 2009).

따라서 본 연구는 지식 네트워크에 나타나는 지식 간 상호참조적 네비게이션이 가능하도록 온톨로지 기술을 기반으로 지식지도를 정의하고 표현하는 방법론을 제시한다. 제시된 방법론의 타당성을 검증하기 위하여, 온톨로지 모델링 도구인 Protege-OWL을 이용하여 실제 지식지도를 모델링하고, 몇 가지 예제를 통해 구현된 온톨로지 기반 지식지도가 실제로 지식 간의 상호참조적 네비게이션을 반영하는 지식 네트워크를 구성하는지 알아본다.

2. 온톨로지 기반 지식지도

정보과학 측면에서의 온톨로지는 특정한 영역을 표현하는 데이터 모델로서 특정한 영역(Domain)에 속하는 개념과, 개념 사이의 관계를 기술하는 형식적이고 공식적인(Formal) 어휘의 집합으로 정의된다. 즉, 사람이 이해하고 있는 용어와 개념, 그리고 이들 간의 관

계를 정의하여 일종의 정보 및 지식 저장소(Repository)를 보다 형식적이고 다차원적으로 구현하는 기술이다. 프로그램과 인간이 지식을 공유하는데 도움을 주기 위한 온톨로지는, 정보시스템의 대상이 되는 자원의 개념을 명확하게 정의하고 상세하게 기술하여 보다 정확한 정보를 찾을 수 있도록 하는데 목적이 있다. 온톨로지 기반의 시스템은 정보 콘텐츠 구조에 대한 명세서로서의 역할, 해당 분야의 지식 공유와 재사용, 해당 영역의 제약과 가정에 대한 명시, 지식과 프로세스의 분리 등의 장점을 가진다.

따라서 관리 대상이 되는 정보의 현황과 이들 간의 관계를 명시한다는 면에서 온톨로지는 지식지도와 같은 맥락으로 이해될 수 있다. 즉, 지식지도는 기업 및 조직에서 관리하고 있는 지식의 현황과 이들 간의 관계를 다차원적인 네트워크 형태로 보여주는 도식이므로, 지식이 갖는 하나의 개념과 관련된 또 다른 개념 간의 관계를 온톨로지를 이용하여 효과적으로 표현할 수 있다. 또한 지식지도를 지식관리시스템이 저장 및 관리하려는 지식의 분류 및 저장 체계로 이해하는 경우, 이는 지식지도를 온톨로지 기반으로 구축해야함을 더욱 강조한다 (Mansingh et al., 2009; Toledo et al., 2011; Rao et al., 2012). 즉, 관리하고자 하는 정보 또는 지식이 갖는 개념은 매우 다양하므로, 상황(Context)에 따라 관련될 수 있는 수많은 정보 또는 지식을 정의하는 데에 온톨로지는 매우 필수적이다. 따라서 관리하는 지식의 현황을 한 눈에 파악할 있도록 하는 지식지도를 온톨로지 기반으로 구축하는 것은 필수불가결한 조치라 할 수 있다. 온톨로지 기반으로 구축된 지식지도가 갖는 효과는 다음과 같이 정리될 수 있다.

2.1 지식의 형식적(Formal) 표현 가능

지식공학 관점에서 관리 대상이 되는 지식을 보다 형식적으로 표현하는 것은, 해당 지식에 대한 이해도를 높이는 방법임과 동시에, 정의된 지식이 적용되는 도메인을 확장하여 해당 지식의 재사용성을 높일 수 있는 장점을 갖고 있다. 지식지도는 적용되는 도메인에 따라 차별적으로 구축되지만 이에 포함되는 지식은 또 다른 도메인의 지식지도에 재사용되는 경우가 많으므로, 지식을 보다 형식적으로 정의하고 저장하여야 한다. 온톨로지 정의 언어인 RDF(Resource

Description Framework), OWL(Web Ontology Language) 등을 이용하여 지식을 정의하고, 'Protege'와 같은 도구를 이용하여 지식지도를 정의하며 지식 및 지식지도의 형식적 표현이 가능하다.

2.2 추론을 통한 지식네트워크의 자동 형성

온톨로지의 장점 중 하나인 자체적인 추론 기능은 구축된 지식지도의 네트워크를 자동으로 확장시킬 수 있다. 즉, 지식지도는 네트워크 형식을 가지므로, 노드에 배치되는 하나의 지식과 관련된 다른 지식 간의 연결(아크)을 추론을 통해 자동으로 파악할 수 있다. 이는 사람에 의해 정의된 지식지도에서는 불가능하거나 별도의 지식 네트워크 분석 프로그래밍을 통해서만 가능한 기능으로, 온톨로지 기반 지식 네트워크에서는 자체적인 추론 엔진을 통해 네트워크의 유효성을 검증할 수도 있으며 추론 결과 새로운 관계가 파악될 경우 자동으로 네트워크를 형성하기도 한다.

2.3 지식베이스의 자체적 확장

지식지도와 온톨로지는 지식베이스의 분류 및 저장 체계이므로, 온톨로지의 자동 추론 기능을 이용할 경우 이를 이용하여 저장하는 지식 및 관리하는 지식 네트워크의 자동 확장이 가능해진다. 온톨로지는 해당 지식을 정의하기 위하여 지식의 상위 개념인 'Task'와 이의 상위 개념인 'Process'를 통해 귀납적으로 지식 간의 관계를 추론해낼 수 있다. 이러한 과정을 통해 지식 네트워크, 더 나아가 관련된 세부업무와 프로세스의 관계를 추가적으로 발견해낼 수 있으며, 결과적으로 이들을 관리하는 지식베이스의 자체적인 확장이 가능해진다.

3. 방법론

3.1 개요

온톨로지 기반 지식지도의 구축은 일반적인 지식지도 구축 과정보다는 온톨로지의 구축을 위한 절차를 따르는 것이 바람직하다. 이는 지식을 프로세스와 이를 구성하는 세부업무와 연관시키기 위한 방법으로,

프로세스와 세부업무, 그리고 세부업무와 지식 간의 관계를 기초로 하여 전반적인 지식지도를 구성하기 위함이다. 일반적으로 온톨로지 구축은 크게 개념화(Conceptualization), 모델링(Modeling), 그리고 구현(Implementation) 및 응용(Application)으로 이루어진다 (Rao et al., 2012).

3.2 Step 1: 개념화

프로세스와 세부업무, 그리고 지식 간의 관계는 다음과 같은 개념식으로 표현될 수 있다.

$$P_i = f(T_{ij}) \quad T_{ij} = g(K_{ijk})$$

$$P_i = f(g(K_{ijk})) = h(K_{ijk})$$

P_i : Process i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)
 T_{ij} : Task j composing Process i ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)
 K_{ijk} : Knowledge k used in Task j composing Process i ($k = 1, 2, 3, \dots, n$)
 f, g, h : Arbitrary function

개념식에서 볼 수 있듯이, 프로세스는 해당 프로세스에서 사용되는 지식의 함수로 표현될 수 있는데, 이러한 이유로 인하여 특정 지식 및 정보의 흐름을 이용하여 해당 지식 및 정보가 사용되는 프로세스의 상태를 점검할 수 있다 (Yoo et al., 2007). 이는 곧 지식의 흐름을 네트워크 형식으로 표현하는 지식지도 또한 프로세스 및 세부업무의 관점으로 표현되어야 함을 의미하며, 결국 지식지도를 프로세스 기반으로 정의하는 프로세스 기반 지식지도의 의미와 일맥상통한다.

따라서 온톨로지 지식지도를 표현하기 위해서는 지식이 사용되는 세부업무 및 프로세스를 이용하여 지식 간의 네트워크를 우회적으로 표현하여야 한다. Mansingh et al.(2009)과 Rao et al.(2012)은 ERD(Entity Relationship Diagram)를 이용하여 ‘프로세스-세부업무-지식’ 간의 관계를 정의하였는데, 이는 모두 하나의 지식이 또 다른 지식과 갖는 관계를 프로세스와 세부업무를 이용하여 정의하기 위함이다. 즉, 온톨로지 구축을 위한 첫 단계인 대상의 개념화를 위하여 지식이 관련되는 세부업무 및 프로세스를 이용하여, 지식지도에 포함되어야 하는 지식 및 지식 간의 관계를 정의한다.

3.3 Step 2: 모델링

구축 대상 및 대상 간의 관계에 대한 개념화가 완료되면 형식화된 표기법(Notation)을 바탕으로 이들을 모델링한다. 이러한 형식화 또는 정형화된 모델링은 구축된 온톨로지에 대한 상호 의사소통을 지원함과 동시에 온톨로지가 관리하는 정보의 구조에 대한 명확한 이해를 가능하게 한다. 일반적으로 사용되는 모델링 도구로는 Protege-OWL(<http://protege.stanford.edu>)이 있는데, Protege-OWL은 용어(Terminology)와 온톨로지의 편집 및 관리를 위한 오픈 소스 도구이다. Protege-OWL은 모든 도메인 및 플랫폼에 적용이 가능하며, 광범위한 애플리케이션 도메인의 용어 및 온톨로지, 그리고 지식베이스의 구현에 활용되고 있다 (Noy et al., 2000). Protege-OWL은 생명과학 분야의 온톨로지 구현을 위해 사용되었으나, 기업 및 조직의 정보자원 관리 및 지능화를 위해 그 적용분야가 증가하고 있다. 온톨로지는 용어와 매우 유사한 개념을 갖고 있으나, 용어들 간의 관계(Relationship)를 매우 풍부하게 표현할 수 있으므로, 특정 도메인의 지식을 묘사하는 데에 유용하게 사용된다.

Protege-OWL은 대상을 모델링하기 위하여 기본적으로 ‘Individual’, ‘Property’, 그리고 ‘Class’의 개념을 사용한다. Individual은 관심을 갖고 있는 도메인 내의 객체(Object)를 나타내며, 일반적으로 하나의 Class가 갖는 Instance값을 의미한다. Property는 이러한 Individual이 갖는 이산적 관련성(Binary Relation)을 의미하는데, 즉 두 가지 Individual을 연결(Link)하는 역할을 한다. Class는 Individual을 포함하는 하나의 집합(Set)으로, 분류체계(Taxonomy)가 갖는 Superclass와 Subclass로 구성된다. 일반적으로 말하는 ‘개념(Concept)’을 구체화시켜 표현한 것이 Class이다.

따라서 ‘프로세스’-‘세부업무’-‘지식’을 상호 연관시켜 온톨로지 모델링하기 위하여 Protege-OWL은 이들을 모두 Class로 정의한다. ‘프로세스’는 ‘세부업무’로 구성되므로 ‘compose - is composed of’와 같은 Property로 연결되고, ‘세부업무’의 수행에 ‘지식’이 사용되므로 ‘use - is used in’과 같은 Property로 연결된다. 이러한 Class 및 Property에 대한 개념화 및 모델링이 완료되면, 각 Class의 Instance, 즉 Individual을 파악하여 정의한다.

3.4 Step 3: 구현 및 응용

Protege-OWL로 정의된 대상은 목적에 따라 다양한 데이터 모델로 활용된다. 본 연구는 지식지도의 온톨로지화를 목적으로 하므로, 프로세스를 기반으로 구현된 기존의 지식지도를 온톨로지 기반으로 변환하는 작업이 본 단계에서 이루어진다. 따라서 프로세스 및 세부업무의 진행 순서, 그리고 그에 따른 지식 흐름의 순서를 정의한다.

3.1.1 프로세스 및 세부업무의 진행 순서

프로세스와 세부업무는 기본적으로 진행의 순서를 갖는다. 즉, 선행 및 후행 프로세스와 세부업무가 존재하므로, 온톨로지를 이용하여 이러한 선행 및 후행 관계에 대한 정의가 필요하다. Class 또는 Instance 내의 선후관계를 정의하기 위하여 일차적으로는 Property를 적절하게 구성하는 것이 필요하나, 이러한 Property의 특징을 보다 구체적으로 명시하기 위하여 'Property Characteristics'를 활용한다.

Protege-OWL의 Property는 'Object Property'와 'Inverse Object Property'로 구분되는데, 즉 전자는 주어인 'Object A'가 목적어인 'Object B'에 대해 갖는 관계라면, 후자는 'Object B'가 주어가 되고 'Object A'가 목적어가 되는 관계를 의미한다. 예를 들어

'Task_A는 Task_B를 선행한다'는 사실을 표현하기 위해서, 'ascends'라는 Object Property를 사용하여 'Task_A *ascends* Task_B'로 할 수도 있고, 또는 Inverse Object Property로 정의한 'descends'라는 단어를 사용하여 'Task_B *descends* Task_A'로 표현할 수도 있다. 또한 Property Characteristics를 이용하여, 주어와 목적어에 해당하는 Class가 '1 : 1'의 관계에 있을 때는 Functional (또는 Inverse Functional)', 삼단논법과 같은 연쇄적인 관계에 있을 때는 'Transitive', 상호순환적 관계에 있을 때는 'Symmetric', 재귀적인 관계에 있을 때는 'Reflexive' 등으로 구체적인 명시가 가능하다.

3.1.2 지식 흐름의 순서

지식의 흐름은 일차적으로 해당 지식이 사용되는 세부업무의 진행 순서에 의해 우회적으로 표현된다. 그러나 이러한 경우 세부업무 간 '입력-출력'의 관계를 갖는 지식만 표현이 가능하므로, 세부업무를 기준으로 입력되는 지식과 출력되는 지식을 세부업무를 관점으로 표현하는 것이 더욱 바람직하다. 즉, '지식은 세부업무를 작동(Activate)'시키는 역할을 하고, '세부업무는 지식을 생산(Produce)'하는 관계로 지식과 세부업무와의 관계를 표현하면, 전체적인 지식의 흐름을 표현할 수 있다.

<표 1> '출장신청' 프로세스 구성 세부업무 및 지식 명세

Process	Task	Knowledge	
Business Trip Application	Schedule check & confirm	Inputted	- Official notice - Personal schedule - Application procedure directions
		Outputted	- Schedule confirmed
	Per diem & Travel expense estimate	Inputted	- Schedule confirmed - Per diem & Travel expense allowance - Price comparison directions
		Outputted	- Per diem & Travel expense confirmed
	Accommodation & Transportation book	Inputted	- Per diem & Travel expense confirmed - Accommodation & Transportation reviews
		Outputted	- Booking results
	Business trip register	Inputted	- Booking results
		Outputted	- Booking invoice
	Application form register	Inputted	- Booking results - Application form submit deadline
		Outputted	- Application form
	Application assessment	Inputted	- Booking invoice - Application form
		Outputted	- Assessment results

이를 Protege-OWL의 Class와 Object Property로 나타내면, 'Knowledge activates Task' 또는 'Task produces Knowledge'로 표현할 수 있는데, 여기에서 사용된 'activates' 와 'produces'라는 Object Property는 상호 Inverse Object Property 관계에 있는 것이 아닌, 전혀 별개의 Property이다. 이들 Object Property가 Inverse의 관계에 있다고 설정하는 경우, 이는 세부업무에 입력되는 지식만을 표현하거나, 또는 세부업무로부터 출력되는 지식만으로 표현하는 오류가 발생할 수 있다. 동일한 지식이 세부업무에 입력되고 출력될 수는 없으므로, 입력되는 지식과 출력되는 지식이 서로 다름을 표현하기 위하여 'activates'와 'produces'는 서로 관련이 없는 별개의 Object Property로 정의하여야 한다.

4. 사례 적용: '출장신청' 프로세스의 온톨로지 기반 지식지도

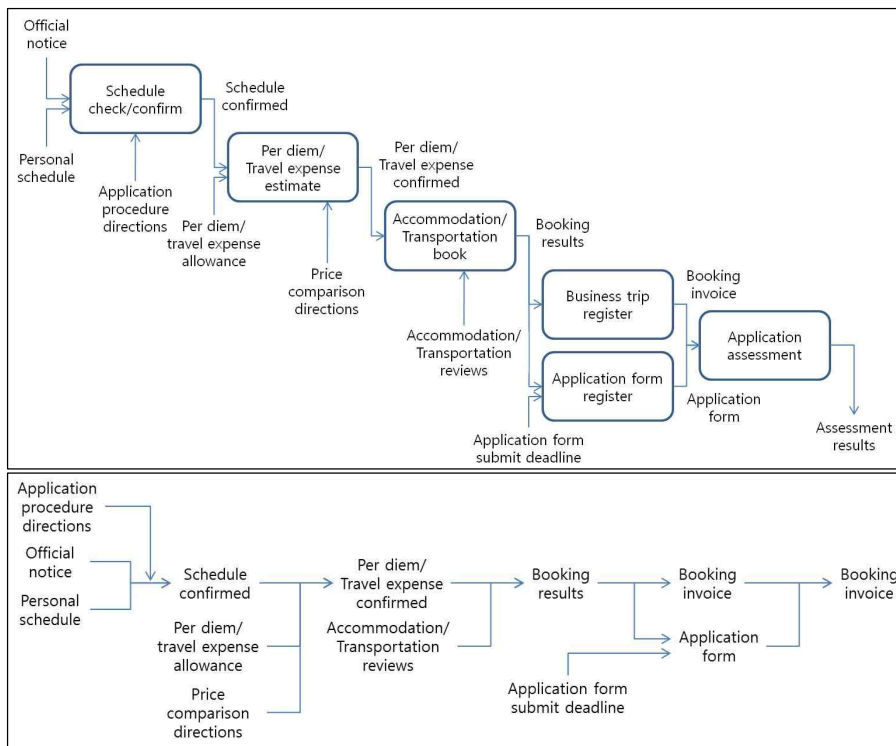
4.1 개요

본 장은, 제시된 방법론의 타당성을 검증하기 위하여, 기존의 프로세스 기반 지식지도를 사례로 하여 이를 온톨로지화하는 과정 및 결과를 설명한다. 앞서 제시된 온톨로지 기반 지식지도의 효과를 실제 사례를 통하여 확인할 수 있으며, 더 나아가 기존 개발된 온톨로지 기반 지식지도에 비하여 본 연구의 지식지도가 갖는 차별된 특성을 검증한다.

사례로 사용하는 프로세스 기반 지식지도는 '출장신청(Business Trip Application)' 프로세스에서 사용되는 지식의 네트워크를 표현한 지식지도이다. 프로세스를 구성하는 세부업무와 이러한 세부업무에 입력 및 출력되는 지식의 종류를 명세하면 <표 1>과 같다. 또한 이를 도식화하여 표현하면 <그림 1>의 상단과 같고, 이를 바탕으로 입력 및 출력되는 지식의 흐름을 네트워크 형식으로 표현하는 프로세스 기반 지식지도는 <그림 1>의 하단과 같다.

4.2 개념화: 프로세스-세부업무-지식 간 관계 개념화

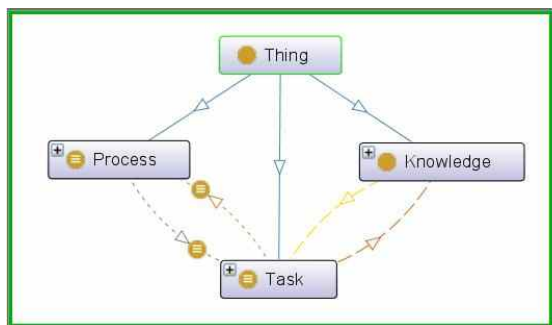
하나의 프로세스는 하나 이상의 세부업무로 구성되



<그림 1> '출장신청' 프로세스(상)와 프로세스 기반 지식지도(하)

고, 하나의 세부업무는 하나 이상의 지식을 입력 받아 하나 이상의 지식을 생성하여 출력한다. 결국 하나의 프로세스는 하나 이상의 지식을 입력 받아 하나 이상의 지식을 출력하므로, 프로세스와 지식 간의 관계는 세부업무를 매개로 하여 형성된다.

일반적으로 특정 지식을 최종적인 결과물로 생성하는 프로세스는 이를 구성하는 세부업무를 통해 개별적인 지식과 관계를 형성할 수 있으므로, 프로세스 기반 지식지도를 온톨로지 구현하기 위해서는 프로세스, 세부업무, 지식을 상호 배반적인(Mutually



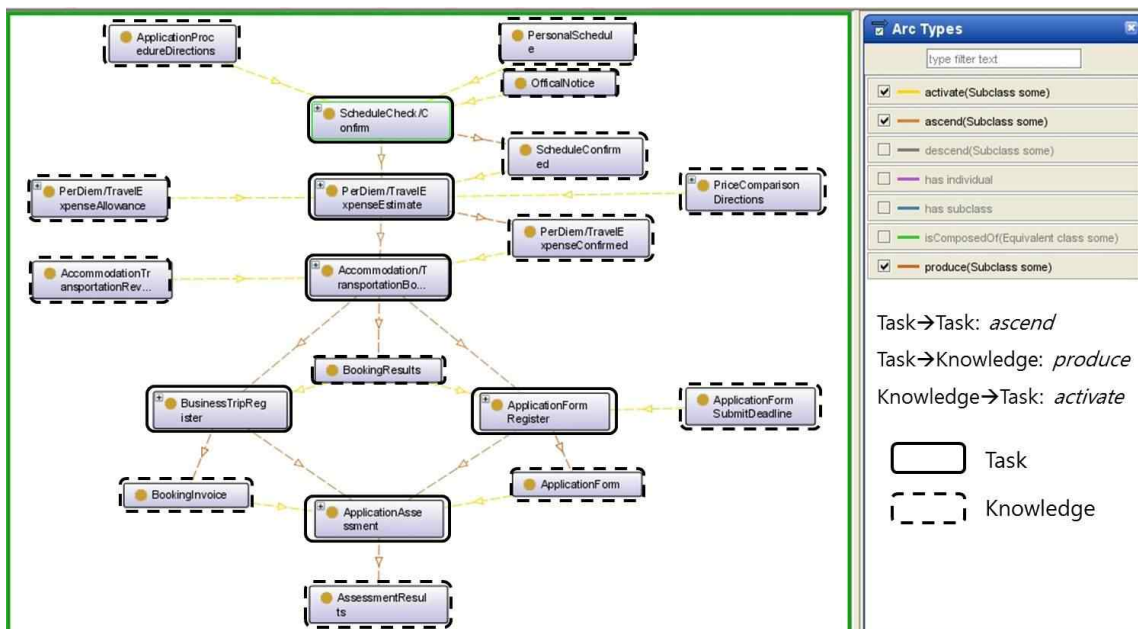
<그림 2> 프로세스-세부업무-지식 간의 관계 개념화 (실선: hasSubclass, 작은 점선: compose-isComposedOf, 굵은 점선: activate-produce)

exclusive) 성격을 갖는 Class로 정의한다. 또한 세부업무는 프로세스를 구성(Compose)하고, 지식은 세부업무를 작동(Activate)시키며, 세부업무는 지식을 생산(Produce)하는 관계로 각 Class 간을 연결하는 Property를 정의한다. 이를 Protege-OWL을 이용하여 표현하면 <그림 2>와 같다.

4.3 모델링: Class 및 Property 정의

‘프로세스-세부업무-지식’의 의미와 관계에 대한 개념화를 바탕으로 Class와 Property를 정의한다. ‘출장신청’은 ‘Process’의 Subclass로 정의되고, 각 프로세스를 구성하는 세부업무, 즉 <표 1>에서 명세한 세부업무들은 ‘Task’의 Subclass로 정의되며, 또한 입력 및 출력되는 지식들은 ‘Knowledge’의 Subclass로 정의된다.

Property는 모두 4가지, 즉 ‘compose (isComposedOf)’, ‘ascend (descend)’, ‘activate (isActivatedBy)’, ‘produce (isProducedBy)’ 등 총 4종류가 있으며, 이들 모두 ‘Transitive’, 즉 ‘A --> B’이고 ‘B --> C’일 경우 ‘A --> C’의 연쇄적인 관계를 나타내는 Property characteristics를 갖는데, 이는 지식의 네트워크를 구성하여 특정 지식을 선행하는 지식, 또는 선행 지식을 선행하는 지식 등을 유추할 수 있도록 구성하기 위함이다.



<그림 3> ‘출장신청’ 프로세스의 온톨로지 기반 지식지도

4.4 구현 및 응용: 지식 네트워크 구성

정의된 Class와 Property를 이용하여 지식 간의 네트워크를 표현하고 구성한다. 프로세스를 정의하기 위해서는 프로세스 상호 간의 관계와 해당 프로세스를 구성하는 세부업무를 정의한다. 세부업무를 정의하기 위해서는 세부업무 간의 선행 및 후행 관계를 정의하고, 해당 세부업무로부터 생성되는 지식을 정의한다.

이상의 과정을 거쳐 구현한 ‘출장신청’ 프로세스의 온톨로지 기반 지식지도는 <그림 3>과 같으며, 이는 <그림 1>의 프로세스 기반 지식지도(하)와 동일한 결과임을 알 수 있다.

5. 온톨로지 기반 지식지도 유효성 및 응용 타당성 검증

구현된 온톨로지 기반 지식지도의 유효성과 응용 타당성은 Protege-OWL 플러그인 모듈인 ‘Fact++’ 추론엔진과 ‘DL-Query’를 이용하여 확인할 수 있다. ‘Fact++’는 정의된 Class와 Property의 내용을 바탕으로 전반적인 온톨로지의 일관성(Consistency)을 점검한다. 만일 구현된 온톨로지에 논리적 오류가 내포된 경우 ‘Fact++’ 실행 시 해당 Class가 적색으로 표시되어 해당 Class의 내용과 Property에 오류가 있음을 알려주거나, 또는 Protege-OWL Class 브라우저의 추론된(inferred) Class hierarchy 화면에 적당한 Class hierarchy를 게시한다. ‘DL-Query’는 정의된 온톨로지에 조건문을 이용한 질의를 수행하여 해당 온톨로지에 포함된 개념과 관계가 올바르게 정의되었는가를 확인한다. 질의 언어, 즉 Class 표현법은, Class, Property, 그리고 Instance 등을 하나의 문구로 포함시켜 표현하는 프레임(Frame) 형식에 기반하여 OWL DL에 대한 사용자 친화적 Syntax인 Manchester OWL syntax를 기반으로 지원된다.

구현된 온톨로지에 대해 ‘Fact++’를 이용하여 추론을 수행한 결과, 추론 결과에 경고 또는 변경이 발견되지 않으므로, 본 온톨로지에는 논리적인 오류가 없음을 확인할 수 있다. 이는 예제가 갖는 Class, 세부업무, 그리고 지식의 개수가 적고, 이러한 개념들 간의 관계 또한 비교적 간단하므로 자명한 결과라 할 수 있다.

‘DL-Query’를 이용하여 지식 네트워크의 구성이 올바르게 되었는지 확인하기 위해, 다음과 같은 5개의 질의 내용을 설정하였다. 즉, <그림 1>과 같이 세부업무와 지식이 연결되어 네트워크 형식으로 정의된 지식지도를 통해 추출할 수 있는 상호참조적 지식을 질의하는 내용이다.

Query#1. 지식 ‘AssessmentResults’를 산출하는 세부업무 찾기

질의문: Task and produce some AssessmentResults

정답: ApplicationAssessment (총 1개의 세부업무)

Query#2. 지식 ‘AssessmentResults’를 산출하는 세부업무를 작동시키는 지식 찾기

질의문: Knowledge and activate some (Task and produce some AssessmentResults)

정답: BookingInvoice, ApplicationForm (총 2개의 지식)

Query#3. 지식 ‘AssessmentResults’를 산출하는 세부업무를 작동시키는 지식을 산출하는 세부업무 찾기

질의문: Task and produce some (Knowledge and activate some (Task and produce some AssessmentResults))

정답: BusinessTripRegister, ApplicationFormRegister (총 2개의 세부업무)

Query#4. 지식 ‘AssessmentResults’를 산출하는 세부업무를 작동시키는 지식을 산출하는 세부업무를 작동시키는 지식 찾기

질의문: Knowledge and activate some (Task and produce some (Knowledge and activate some (Task and produce some AssessmentResults)))

정답: BookingResults, ApplicationFormSubmitDeadline (총 2개의 지식)

Query#5. 프로세스 ‘BusinessTripApplication’에서 사용하는 모든 지식 찾기

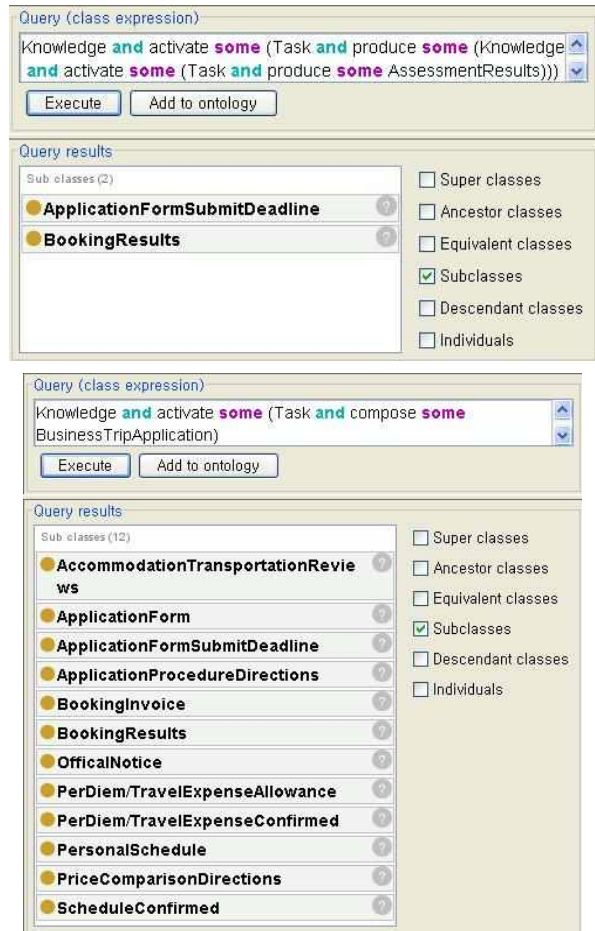
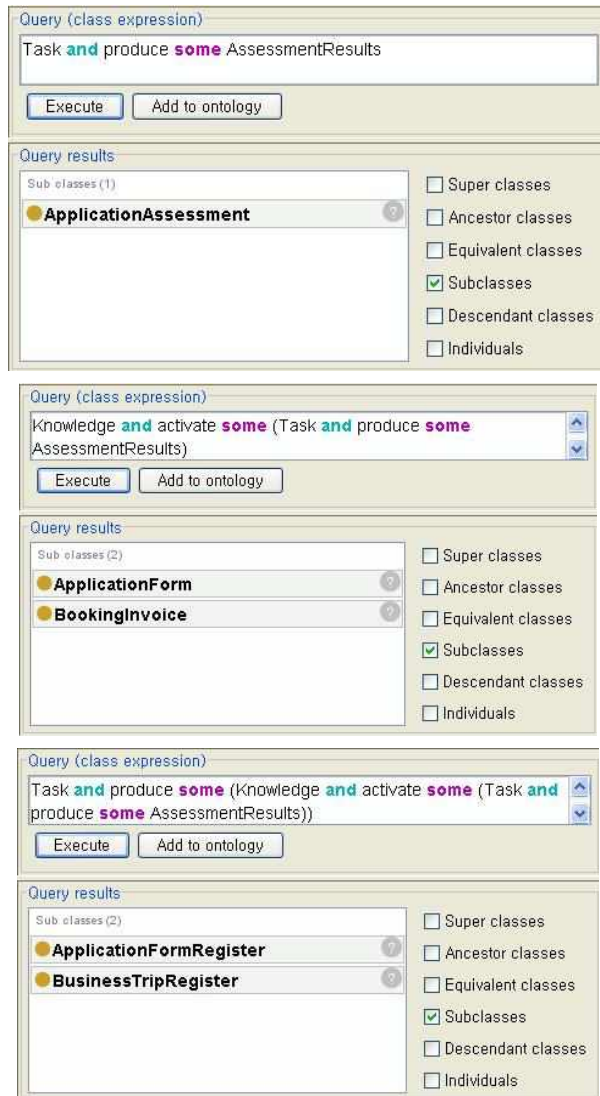
질의문: Knowledge and activate some (Task and compose some BusinessTripApplication)

정답: 총 12개의 지식 (총 13개 지식 중 1개는 출력 산출물)

이들 질의 중 Query#1부터 Query#4까지는 해당 프

로세스의 지식지도가 세부업무 및 지식 간의 네트워크 관계를 올바르게 정의하고 있는지를 확인한다. 특히 Query#2와 Query#4는 기준 지식과 상호참조적 네비게이션 관계에 있는 지식을 검색한다. Query#5는 지식지도에서 다루는 지식 중 입력 지식의 개수를 올바르게 정의하고 있는가를 확인한다.

<그림 4>는 이러한 5개의 질의에 대해 구현된 온톨로지로부터 산출된 결과값을 보여주는 화면으로, 각 질의의 정답과 비교하면 모두 정확한 결과를 산출함을 알 수 있다.



<그림 4> DL-Query 실행 결과
(위에서부터 Query#1 결과, Query#2 결과, Query#3 결과, Query#4 결과, Query#5 결과)

6. 결론

지식지도는 관리하는 지식의 현황을 한 눈에 파악할 수 있도록 지식 간의 네트워크를 보여주는 도식이므로, 지식과 지식 간의 관계를 기초로 하나의 지식과 관련이 있는, 즉 연결하여 사용할 수 있는 하나 이상의 다른 지식을 표현할 수 있다. 지식 간 상호참조적 관계는 이러한 지식 간의 상호 영향 관계를 기초로 만들어지는 네트워크로, 기존의 지식지도는 이러한 상호참조적인 관계를 표현하지 못하는 한계를 갖고 있다. 본 연구의 지식지도는 지식의 현황을 네트워크로 표현하므로 상호참조적 관계를 표현할 수 있으며, 더 나아가 네트워크형의 상호참조적 관계를 온톨로지를

기반으로 구현하였다. 따라서 본 연구에서 제시하는 상호참조적 네비게이션이 가능한 온톨로지 기반 지식 지도는 기존의 지식지도의 한계를 극복함과 동시에, 지식의 다차원적인 활용 양상을 정형화 및 형식화된 방식으로 묘사하여 본격적인 지식의 활용 및 관리를 가능하게 한다.

한편, 본 연구에서 제시하는 온톨로지 기반 지식 지도는 새로운 지식의 정의, 즉 해당 지식의 내용과 세부업무와의 관계에 대한 묘사는 비자동화된 방식으로 진행된다. 자동화된 지식 획득 방법에 의해 지식의 내용이 자동으로 파악될 수 있다면, 이를 온톨로지화시키는 추가적인 프로그래밍을 통해 새로운 지식이 온톨로지를 이용하여 표현되는 과정과 기존 지식지도에 포함되는 과정을 자동화시킬 수 있다. 이는 오픈 API를 통해 제공되는 Protege-OWL의 소스코드에 대한 수정을 통해 구현될 수 있다.

또한 제시된 온톨로지 기반 지식지도는 궁극적으로 지식베이스의 분류 및 저장 체계를 구성하므로, 실제 프로세스와 이를 구성하는 세부업무, 그리고 세부업무에 입출력되는 지식을 파악 및 입력한 실제 지식베이스의 구축이 필요하다. 이러한 지식베이스를 구축한다면, 지식베이스가 단순히 지식을 저장하고 있는 지식 저장소가 아닌, 자체적으로 지식의 네트워크를 점검하고 형성하는 지능적 지식베이스의 가능성을 확인할 수 있으며, 더 나아가 자동화된 지식의 관리를 넘어선, 자율적인 지식의 관리가 가능한 지식 시스템의 구현이 가능해질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Carlos M. Toledo, C.M., Ale, M.A., Chiotti, O., & Galli, M.R. (2011), "An Ontology-driven Document Retrieval Strategy for Organizational Knowledge Management Systems", *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, Vol.281, 21-34.
- [2] Fox, M.S. & Gruninger, M. (1998), "Enterprise Modeling", *AI Magazine*, Vol.19 No.3, 109-121.
- [3] Gruber, T.R. (1995), "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", *International Journal of Human Computer Studies*, Vol.43, 907-928.
- [4] Han, K.H. & Park, J.W. (2009), "Process-centered knowledge model and enterprise ontology for the development of knowledge management system", *Expert Systems with Applications*, Vol.36 No.4, 7441-7447.
- [5] Lin, F. & Yu, J. (2009), "Visualized cognitive knowledge map integration for P2P networks", *Decision Support Systems*, Vol.46, 774-785.
- [6] Mansingh, G., Osei-Bryson, K., and Reichgelt, H. (2009), "Building ontology-based knowledge maps to assist knowledge process outsourcing decisions", *Knowledge Management Research & Practice*, Vol.7, 37 - 51.
- [7] Noy, N.F., Ferguson, R.W., & Musen, M.A. (2000), "The knowledge model of Protege-2000: Combining interoperability and flexibility", *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol.1937, 17-32.
- [8] Noy, N.F. & McGuinness, D.L. (2001), "Ontology Development 101: A Guide to Creating your first Ontology", *Stanford Medical Informatics*, Stanford University. in Rao, L., Mansingh, G., & Osei-Bryson, K. (2012), "Building ontology based knowledge maps to assist business process re-engineering", *Decision Support Systems*, Vol.52 No.3, 577-589.
- [9] Rao, L., Mansingh, G., & Osei-Bryson, K. (2012), "Building ontology based knowledge maps to assist business process re-engineering", *Decision Support Systems*, Vol.52 No.3, 577-589.
- [10] Savvas, I. & Bassiliades, N. (2009), "A process-oriented ontology-based knowledge management system for facilitating operational procedures in public administration", *Expert Systems with Applications*, Vol.36 No.3, 4467-4478.
- [11] Toledo, C.M., Ale, M.A., Chiotti, O., & Gallia, M.R. (2011), "An Ontology-driven Document Retrieval Strategy for Organizational Knowledge Management Systems", *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, Vol.281, 21-34.

- [12] Yoo, K., Suh, E., & Kim, K. (2007), "Knowledge flow-based business process redesign: Applying a knowledge map to redesign a business process", Journal of Knowledge Management, Vol.11 No.3, 104-125.
- [13] Zhang, H., Kishore, R., Sharman, R., & Ramesh, R. (2007), "Agile Integration Modeling Language (AIML): A Conceptual Modeling Grammar for Agile Integrative Business Information Systems", Decision Support Systems, Vol.44 No.1, 266-284.
- [14] Zhang, J., Zao, W., Xie, G., & Chen, H. (2011), "Ontology-Based Knowledge Management System and Application", Procedia Engineering, Vol.15, 1021-1029.

논문접수일 : 2012년 06월 21일
 1차수정완료일 : 2012년 07월 12일
 2차수정완료일 : 2012년 08월 02일
 게재확정일 : 2012년 08월 08일



유기동 (Yoo, Keedong)

- 정회원
- POSTECH 산업공학과 공학사
- POSTECH 산업공학과 공학석사
- POSTECH 산업경영공학과 공학박사
- 단국대학교 경상대학 경영학부 조교수
- 관심분야 : 지식경영 및 지식관리시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅, 차세대형 경영정보시스템, 컨텍스트 기반 자율적 컴퓨팅, 지능적 지식 서비스, 정보전략 기획 및 성과평가



황현석 (Hyun-Seok Hwang)

- 1998년 2월 : 포항공과대학교 산업공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 포항공과대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 포항공과대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2004년 3월~현재 : 한림대학교 경영학부(교수), 한림 경영연구소 연구위원
- 관심분야 : 지식경영, 전문가시스템, 데이터마이닝