
학습 온톨로지 생성을 통한 학습 성과 강화에 관한 연구

김정민*, 정현숙**

대진대학교 컴퓨터공학과*, 조선대학교 컴퓨터공학부**

A Study on Enhancement of Learning Outcomes through Building of Learning Ontologies

Kim Jung Min* and Chung Hyun Sook**

Dept. Computer Engineering, Daejin Univ.*

Dept. Computer Engineering, Chosun Univ.**

Abstract

Teaching is communication between instructor and students. The learning outcomes can be enhanced by active learning of students. However, there are many obstacles to effective learning below, such as lecture notes authored by instructor, passive student participation, and paper-based homework. In this paper, we propose an effective method for enhancing learning effect through constructing learner ontologies in which knowledge discovered by students is conceptualized and organized. The learning ontology is composed of a teacher ontology and many learner ontologies. The learning ontology is used in discussion, visual presentation, and knowledge sharing between instructor and students. We used the learning ontology in two lectures in practice and learned that the learning ontology enhances learning effect through analysis of feedbacks of students.

Keywords: Learner-oriented learning, Learning ontologies, Ontology matching, Topic maps matching

I. 서론

수업은 교수자와 학습자 사이의 상호작용으로서 교수자는 학습자가 학습목표를 달성할 수 있도록 자료를 제시하고 안내하는 교수활동을 수행하며 학습자는 학습목표 성취를 위해 교수자의 지도를 따라 계획된 학습경험을 획득하는 과정이다(나승일, 2004). 이 과정에서 보다 효과적인 학습효과를 얻기 위해서는 학습자의 적극적인 수업 참여가 요구되며 이를 유도할 교수자의 노력과 동기부여가 필요하다(Richard, 1998).

그러나 교수자에 의해 작성되어 배포되는 강의 자료, 교수자의 일방적인 강의, 학습자의 수동적인 강의 청취, 페이지 작성 위주의 과제 제출 등 대부분의 수업에서 학습자는 수동적인 자세로 학습하고 있다. 최근 교수학습이론으로 주목받고 있는 구성주의 관

점은 학습자 자신이 지식과 의미를 창조하고 구성해 나가는 과정을 학습으로 보고 있다(나승일, 2004). 발견 학습, 문제해결 학습 등을 통해 학습자가 능동적으로 학습 과정을 수행하고 스스로 지식을 창조 및 구성한 다음 그 경험을 수업 과정에서 다른 학습자들과 공유할 수 있도록 유도하는 것이 학습 효과를 높이기 위해 필요하다.

현재 온톨로지(ontologies)와 시맨틱 웹(Semantic Web) 기술을 이러닝(e-learning)을 포함한 교육 분야에 적용하여 기존의 여러 가지 문제를 해결하고자 시도하는 연구들이 많이 수행되고 있다. Mizoguchi (Mizoguchi, 2000) 등은 온톨로지 기반의 솔루션을 사용함으로써 지능형 교수 시스템(Intelligent Instructional Systems, IIS)이 가지는 문제들을 해결할 수 있다고 주장하고 있으며 시맨틱 웹 및 온톨로지 기술을 적용하여 학습 객체(Learning Object, LO)의 메타데이터(metadata)를 정의하거나 커리큘럼과 연

계하여 학습 과정 및 학습 경로 등을 온톨로지 형태로 정의하고 있음을 알 수 있다(Nilsson, 2003)(Marco, 2007). 이들 온톨로지를 이용한 교육 연구는 대부분 이러닝 환경에서 학습 객체를 저장하고 관리 및 검색하는 교수 시스템의 성능 개선 또는 커리큘럼 설계, 학습 자료 관리 등에 관련되어 있다.

그러나 온톨로지 기술은 온라인뿐만 아니라 오프라인 교육에 있어서 교수자의 강의 내용 및 학습자들의 학습 내용을 지식 구조화하고 이를 토대로 상호 작용이 원활한 수업을 진행하기 위한 도구로 활용될 수 있다(Sampson, 2004). 본 논문에서는 학습자의 능동적 참여를 통해 학습 효과를 향상시키기 위한 방안으로써 학습자 스스로 발견한 지식 및 의미를 온톨로지 구조로 정의하고 이를 수업 중에 교수자 온톨로지(Teacher Ontology) 및 다른 학습자 온톨로지(Learner Ontology)들과 통합하여 학습 온톨로지(Learning Ontology)를 구성한다. 교수자와 학습자들은 학습 온톨로지를 통해 학습 내용을 이해하고 지식을 공유한다.

본 논문의 학습 온톨로지는 3계층의 구조로 정의된다. 최상층에는 교수자 온톨로지로서 학습 기간 전체에 걸쳐 다룰 중요 개념들을 정의하고 있으며 학습자 온톨로지의 구조를 제어하는 상위 스키마를 정의하고 있다. 학습자 온톨로지는 중간 계층에 위치하며 교수자 온톨로지의 개념들과 연결되어 있다. 이 계층에는 하나 이상의 학습자 온톨로지들이 존재한다. 최하층에는 교수자 온톨로지 및 학습자 온톨로지의 개념들과 연결된 학습 자료들이 존재한다. 학습 자료는 학습에 사용되는 텍스트, 이미지, 동영상, 웹페이지 등 다양한 형식의 자료들이다.

교수자 온톨로지와 학습자 온톨로지들을 반자동적으로 연결시키기 위해서는 온톨로지 매칭(Ontology Matching) 및 연계(Aligning) 과정이 필요하다. 본 논문에서는 선행 연구에서 개발한 온톨로지 언어의 구조적 특징 및 제약조건에 기반한 토픽맵 매칭 및 통합 기법(J.M.Kim, 2007)을 수정, 적용함으로써 학습 온톨로지를 자동적으로 확장하는 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 온톨로지를 활용한 교육과 관련된 이전 연구들의 동향에 대해 살펴보고 3장에서는 학습 온톨로지의 구조를 정의한다. 4장에서는 학습자 온톨로지의 생성 프로세스 및 교수자 온톨로지와의 매칭 및 연계 기법을 정의하고 5장에서는 실제 학습 온톨로지를 기반으로

진행된 수업의 결과를 분석함으로써 학습 온톨로지의 효과에 대해 기술한다. 6장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

교육환경에 온톨로지 기술을 적용하고자 하는 연구는 교육 관련 정보를 온톨로지로 표현하는 온톨로지 생성 연구, 학습 자료들을 의미 구조화하여 관리하는 온톨로지 기반 학습 자료 지식화 연구, 분산된 학습 자료들의 연결 검색을 위한 온톨로지 기반 지식 검색 등이 있다. 이 중에서 온톨로지 생성 연구로는 교과과정 관리를 위한 커리큘럼 온톨로지 연구(Shakelford, 2006), 개인 학습의 효과를 높이기 위한 개인 학습 온톨로지 연구(Apple, 2007) 등이 있다.

커리큘럼 온톨로지 연구의 대표적인 것으로 컴퓨터 과학 전공을 위한 커리큘럼으로 ACM Computing Curricula 2005(CC2005)가 있다. CC2005는 컴퓨터 과학의 학부 전공을 위한 표준 커리큘럼을 기본(introductory), 필수(intermediate), 심화(advanced) 과정의 세 분류로 나누어 정의하고 있으며 컴퓨터와 관련된 지식을 14개 영역, 132 유닛, 950 토픽으로 정의하고 있다. 커리큘럼 온톨로지는 교과과정 설계 및 학습 자료의 분류 및 여러 교육기관의 커리큘럼 공유를 위해 사용된다.

개인 학습 온톨로지는 개인이 학습한 지식을 개념화하고 지식 구조화하여 온톨로지 생성한 다음 온톨로지 관리 시스템을 통해 저장, 편집 및 검색하는 것을 말한다. 특히 교수자의 경우 자신이 습득한 지식을 효과적으로 전달하기 위해 학습 자료를 생성하고 여러 관련 자료들을 수집 및 조직하고 내용을 평가하는 데 이 경우 개인 학습 온톨로지를 통해 학습 자료들을 조직하고 관리할 수 있다.

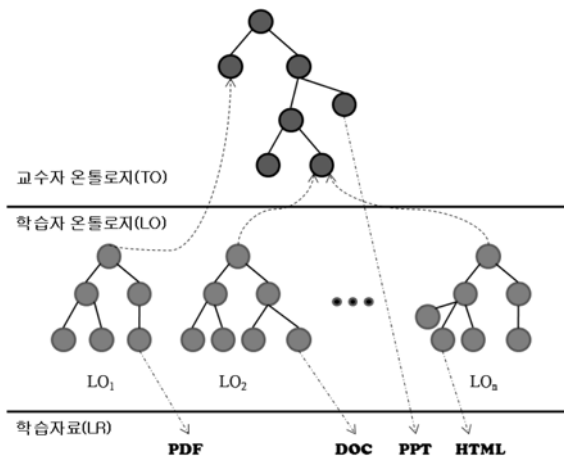
본 논문에서는 개인 학습 온톨로지를 확장하여 온톨로지 생성을 수업의 한 과정으로 가져와서 학습자의 능동적인 학습을 유도하기 위한 효과적인 도구로 사용하는 것을 목적으로 한다. 학습 과정에서 교수자의 지도에 따라 학습자들은 개인 학습 온톨로지를 생성할 뿐만 아니라 교수자 온톨로지 및 여러 학습자 온톨로지들과 매칭 및 연계됨으로써 토론, 지식 탐구, 지식 공유를 위한 기본 토대가 될 수 있다.

Ⅲ. 학습 온톨로지 구조

1. 학습 온톨로지의 계층적 구조

학습 온톨로지는 [그림 1]과 같이 교수자 온톨로지, 학습자 온톨로지 및 학습 자료들로 구성된다. 교수자 온톨로지는 수업 기간 전체에 걸쳐 다루어질 강의 내용의 중요 개념들과 지식 구조를 정의하는 상위 개념의 온톨로지이며 학습자 온톨로지의 구조를 제어하는 스키마 온톨로지이다. 학습자 온톨로지는 학습자에 의해 생성되는 온톨로지로서 교수자가 제시한 문제에 대한 학습자 스스로 발견한 지식 및 의미를 온톨로지 형식으로 정의하고 있다. 교수자 온톨로지 및 학습자 온톨로지에 정의된 개념과 관련된 상세한 학습 내용들은 텍스트, 이미지, 동영상, 웹페이지 등 다양한 형식으로 정의되어 상위 온톨로지들과 연결되어 진다.

교수자 온톨로지와 학습자 온톨로지의 기본 구조는 <C, P, I, RH, RC>의 5-튜플로 정의된다. C는 클래스(Class), P는 속성(Property), I는 인스턴스(Instance), RH는 클래스들 사이의 계층구조(Class Hierarchy), RC는 클래스들 사이의 의미적 연관관계(Class Association)를 가리킨다. 온톨로지의 구성요소인 공리(Axiom), 함수(Function) 등은 추론을 위해 추가될 수도 있으나 학습 온톨로지의 용도는 학습 내용의 지식 구조를 정의하고 이를 토대로 설명, 토론 등을 통해 교수자 및 학습자들 사이에 지식을 공유하는 것이므로 에이전트에 의한 자동화된 지



[그림 1] 학습 온톨로지의 계층적 구조 개념도
[Fig. 1] Layered Architecture of Learning Ontology

식 서비스를 목적으로 하는 온톨로지와 달리 복잡한 논리식을 추가할 필요가 없다. 따라서 교수자 온톨로지 및 학습자 온톨로지를 포함하는 학습 온톨로지는 일종의 경량 온톨로지(Light-weight Ontology)라고 할 수 있다.

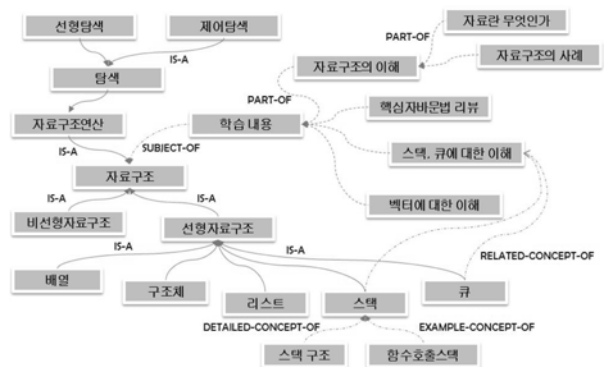
2. 교수자 온톨로지 구조

교수자 온톨로지의 목적은 한 학기 동안 다루어질 학습 주제의 중요 개념들을 정의하고 개념들 사이의 지식 구조를 보여줌과 동시에 학습자들이 생성할 온톨로지를 통합할 참조 온톨로지 역할을 하는 것이다. 따라서 교수자에 의해 수업 이전에 미리 생성되는 교수자 온톨로지는 내용적으로 다음과 같은 요소들을 가진다.

1) 학습 개념(Learning Concept) - 한 학기 동안 다루어질 학습 주제의 중요 개념들을 가리킨다. 정의되는 학습 개념은 기본 개념(Fundamental Concept), 심화 개념(Advanced Concept), 보충 개념(Related Concept), 사례(Example), 문제(Exercise) 등의 유형으로 분류되어 정의된다.

2) 학습 구조(Learning Structure) - 학습 구조는 한 학기 동안 다루어질 중요 개념들의 지식 구조를 정의하는 부분과 강의계획서에 제시된 주차별 학습 내용의 상세 내용을 계열화시킨 부분으로 나누어 정의된다.

3) 학습 자료(Learning Material) - 교수자가 작성하거나 수집한 강의 자료들을 가리키는 것으로 교재의 특정 페이지, 프리젠테이션 파일, 웹페이지, 동영상 등의 다양한 형식으로 존재하는 파일들을 학습 개념들과 연결시킴으로써 정의된다.



[그림 2] 학습 주제가 '자료구조'인 교수자 온톨로지
[Fig. 2] A teacher ontology representing knowledge structure of 'Data Structure'

다음 [그림 2]는 학습 주제가 ‘자료구조’인 경우 교수자에 의해 정의될 수 있는 온톨로지의 예를 보여주고 있다. 온톨로지 그래프에서 노드는 학습 개념을 가리키고 하나의 학습 개념은 하나 이상의 개념 유형(Concept Type)으로 분류된다. 예를 들어, ‘스택’, ‘큐’ 등은 기본 개념이고 ‘함수호출스택’은 사례로 분류된다.

하나의 개념은 다른 개념들과 계층관계 및 연관관계를 가진다. [그림 2]에서 최상위 개념은 ‘자료구조’이며 그 하위에 한 학기 동안 다룰 학습 내용 및 상세 개념들을 정의하고 있다. 개념들 사이의 계층관계는 ‘IS-A’, ‘PART-OF’ 관계로 정의되고 연관관계는 이진 관계의 멤버 유형에 따라 ‘DETAILED-CONCEPT-OF’, ‘SUBJECT-OF’, ‘ADVANCED-CONCEPT-OF’, ‘EXAMPLE-CONCEPT-OF’ 등으로 정의된다. 교수자 온톨로지의 클래스, 속성, 관계 유형의 일부분이 <표 1>에 기술되어 있다.

3. 학습자 온톨로지 구조

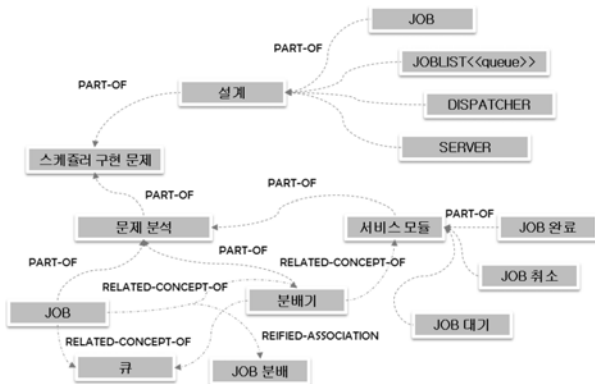
학습자 온톨로지는 교수자가 제시한 문제를 해결하는 과정에서 학습자 스스로 발견한 지식 및 의미 정보를 정의하고 구조화하는 과정의 결과로서 생성된다. 학습자 온톨로지는 다음과 같은 구조적 특징을 가진다.

- 1) 교수자 온톨로지에서의 정의한 클래스, 속성, 관계 요소들을 따른다.
- 2) 최상위 학습 개념은 교수자 온톨로지에서의 주어진 문제 노드와 동일한 개념명을 가진다. 이는 주어진 문제를 해결한 학습자 온톨로지를 교수자 온톨로지와 효과적인 매칭 및 연계를 위해 필요하다.
- 3) 학습자 온톨로지의 내용은 주어진 문제를 분석한 지식 구조와 문제를 해결한 지식 구조를 포함한다.
- 4) 복잡성을 줄이기 위해 학습 개념들 사이의 다양한 의미 관계는 별도의 관계 유형으로 정의하는

<표 1> 교수자 온톨로지의 클래스, 속성, 관계 유형

<Table 1> Classes, properties and relations defined in teacher ontology

요소유형	요소이름	설명
클래스	Learning Concept	최상위 루트 클래스. 나머지 다섯 개 클래스의 부모
	Fundamental Concept	기본 개념 클래스
	Advanced Concept	심화 개념 클래스
	Related Concept	보충 개념 클래스
	Example	예제 클래스
	Exercise	문제 클래스
속성	Name	학습 개념의 개념명
	Alias	학습 개념의 별칭(외래용어, 유사어 등)
	Definition	학습 개념의 정의
	Description	학습 개념에 대한 설명
	Expression	학습 개념의 수식
	Value	학습 개념의 값
	External Resource	학습 개념의 내용과 관련된 외부 학습 자료
	Internal Resource	학습 개념과 관련된 강의자료, 동영상 등의 내부 자료
관계	Fundamental-Concept-Of	Fundamental Class로의 관계 역관계는 Has-Fundamental-Concept
	Advanced-Concept-Of	Advanced Class로의 관계 역관계는 Has-Advanced-Concept
	Related-Concept-Of	Related Class로의 관계 역관계는 Has-Related-Concept
	Example-Of	Example Class로의 관계 역관계는 Has-Example
	Exercise-Of	Exercise Class로의 관계 역관계는 Has-Exercise
	Same-Concept	두 학습 개념이 동일한 개념일 경우
	Diff-Concept	두 학습 개념이 서로 상반된 개념일 경우



[그림 3] 주어진 문제가 ‘스케줄러 구현 문제’인 학습자 온톨로지

[Fig. 3] A student ontology representing knowledge structure of ‘Job Scheduler’

대신 Related-Concept-Of 관계의 구체화된 연관지식(Reified Association)으로 처리한다.

[그림 3]은 교수자에 의해 주어진 문제가 ‘스케줄러 구현 문제’인 경우 이에 대해 학습자가 작성한 온톨로지를 예시로 보이고 있다. 최상위 개념은 ‘스케줄러 구현 문제’ 노드이며 그 하위에 ‘문제 분석’ 개념 노드와 ‘설계’ 개념 노드를 가지고 있다. ‘문제 분석’ 개념 노드는 스케줄러 구현 문제를 분석한 결과에 대한 지식 구조를 정의하고 있으며 ‘설계’ 개념 노드는 스케줄러 구현을 위한 객체 지향 설계 결과인 클래스들에 대한 지식 구조를 정의하고 있다. 개념 노드들 사이의 관계는 ‘PART-OF’의 계층적 관계와 ‘RELATED-CONCEPT-OF’의 연관관계로 정의된다. ‘JOB’ 개념 노드와 ‘분배기’ 개념 노드 사이의 연관관계는 ‘JOB 분배’ 개념 노드에 의해 구체화된 연관지식으로 처리된다. 즉 분배기가 JOB을 분배하는 과정에 대한 설명은 ‘JOB 분배’ 개념 노드의 Description 속성에 정의되는 것이다.

IV. 학습자 온톨로지 생성 및 연계

1. 학습자 온톨로지 생성 프로세스

대표적인 온톨로지 구축 방법론으로 ENTERPRISE, TOVE, METHONTOLOGY, On-To-Knowledge, Development 101 등이 있다(Mizoguchi, 2004)(Noy, 2001). 이 중에서 Development 101을 제외한 다른 방법론들은 온톨로지 구축 과정과 각 단계별 산출물

을 자세히 정의하고 있는 것으로 대용량 온톨로지 구축을 위한 방법론이다. 이에 반해 Development 101은 방법론이라기 보다는 온톨로지 구축 방법을 자세하고 실제적으로 기술한 가이드라인이라 할 수 있다.

학습자 온톨로지는 대용량 온톨로지가 아니며 온톨로지를 생성하는 학습자 또는 특정 지식 도메인의 전문가라고 보기 어렵다. 따라서 온톨로지 구축 계획, 설계, 유지관리 등 전반적인 온톨로지 구축 프로세스를 따르는 방법론이 아닌 작은 규모의 온톨로지를 쉽게 구축할 수 있는 실제적인 가이드라인이 필요하다. 따라서 Development 101 가이드라인을 기반으로 다음과 같은 학습자 온톨로지 구축 프로세스를 정의하였다.

1) 목적 및 범위 설정 - 학습자 온톨로지의 목적 및 범위는 교수자에 의해 주어진다. 교수자는 학습자가 해결해야 할 문제를 제시함과 동시에 학습자 온톨로지의 규모에 대한 기준을 전체 개념 노드 수와 계층구조의 깊이 값으로 제시한다.

2) 자료 수집 및 분석 - 강의자료, 학습교재, 부교재, 웹 자료, 백과사전 등 문제를 해결하기 위해 참조할 자료들을 수집한다. 웹 자료인 경우 신뢰성 있는 자료를 참조하도록 유도한다.

3) Competency Question 작성 - 학습자 온톨로지에 정의되어야 할 개념과 지식 구조를 파악하기 위한 질문 목록을 작성한다. 온톨로지 구축 후 질문에 대한 해답을 온톨로지로부터 검색 가능한지 여부를 판단함으로써 학습자 온톨로지를 평가하는 데 사용된다.

4) 개념 용어 추출 - 수집된 자료의 분석을 통해 개념어에 해당하는 단일명사, 복합명사, 명사구, 동사 등의 용어를 추출한다.

5) 클래스, 속성, 관계 정의 - 학습자 온톨로지의 클래스, 속성, 관계는 <표 1>에 나열된 것과 같이 교수자 온톨로지에 정의된 것을 따른다. 따라서 학습자가 자유롭게 클래스, 속성, 관계를 정의하는 것 대신 학습자 온톨로지는 인스턴스들을 정의하며 관계 또한 부가적인 설명이 필요한 경우 구체화된 연관관계를 정의한다.

6) 인스턴스 정의 - 학습자가 설명하고자 하는 개념을 기본 개념, 심화 개념, 보충 개념, 사례, 문제 클래스의 인스턴스로 정의한다.

7) 온톨로지 평가 - 학습자 온톨로지의 질적, 양적 수준을 평가한다. 이때 Competency Question을

활용하여 질문에 대한 해답을 온톨로지가 제시할 수 있는지 여부를 판단함으로써 온톨로지의 완전성(completeness)을 평가한다.

2. 온톨로지 매칭 및 연계

학습자 온톨로지는 수업에서의 토론과 지식 공유를 위해 교수자 온톨로지에 통합되어야 한다. 이를 위해 교수자 온톨로지와 학습자 온톨로지 사이에 의미적으로 대응되는 개념 노드를 탐색하는 매칭 연산이 수행되어야 하며 매칭 연산의 결과에 기반한 온톨로지 연계 연산이 수행되어야 한다.

매칭 알고리즘은 요소들 사이의 유사값을 계산하기 위해 사용되는 데이터와 계산 방법에 따라 개별 매칭 연산자(individual matcher), 복합 매칭 연산자(composite matcher), 규칙기반 매칭(rule-based matching), 학습기반 매칭(learner-based matching) 등으로 분류할 수 있다(Shvaiko, 2004). 본 논문의 온톨로지 매칭 알고리즘은 3가지 개별 매칭 연산자들을 복합적으로 적용하는 복합 매칭 연산자이면서 계산 방법에 있어서는 온톨로지 데이터 모델 특성을 고려하는 규칙기반 매칭 기법으로 분류할 수 있다. 다음 <표 2>는 온톨로지 매칭 연산자의 연산식을 보여주고 있다.

온톨로지에서는 서로 다른 용어가 동일한 개념을 가리킬 수도 있고 동일한 용어이지만 서로 다른 개념을 가리킬 수도 있다. 또한 용어는 개념어이기 때문에 기호, 약어, 특수어 등이 들어 있지 않은 명사어 또는 명사구 형태를 가진다. 용어기반 매칭 연산은 이러한 특징에 기반하여 문자열 비교 연산을 통해 두 개념명의 유사값을 산출하는 기법이다. 문자열 비교 연산은 기본적으로 Jaccard 기법을 적용하지만 토큰의 비교에 있어서 완전한 일치 여부 대신 두 토큰의 공통 부분문자열이 차지하는 비중으로 유사값을 산출한다.

<표 2>에서 SIMsubstring은 두 토큰 x, y의 유사값을 최대 공통 부분문자열 c 값을 이용하여 산출한다. 개념명은 하나 이상의 토큰들로 분리될 수 있으며 a, b는 각각 두 개념명의 토큰 집합을 가리킨다. 예를 들어, 개념명이 “이진 트리”인 경우 “이진”과 “트리”의 토큰들로 분리된다. 토큰 분리 방법은 개념명이 명사어인 경우 빈칸없는 복합명사의 토큰 분리를 위해 형태소 분석기에 의한 방법을 사용하고 명사구인 경우 빈칸에 의한 방법을 사용한다. SIMdict는 도메인 용어 사전에 의해 두 개념명의 유사값을 산출하는 것으로 도메인 용어 사전은 <term1, term2, sim> 구조를 가지는 용어 집합이다.

속성기반 매칭 연산은 두 개념 노드의 속성들 사이의 유사값을 산출하는 것으로 속성 타입과 속성값을 기반으로 한다. <표 2>에서 m, n은 각각 두 개념 노드의 속성 집합을 가리키며 SIMocctype, SIMocvalue는 각각 두 개념 노드의 속성 타입 기반의 유사값과 속성값 기반의 유사값을 가리킨다. 두 개념 노드의 유사값은 개념명과 속성의 유사성의 외 개념 노드들 사이의 계층관계에 있어서 직전 부모 또는 직전 자식 개념 노드들 사이의 유사성에 의해서도 영향을 받는다. <표 2>에서 x, y는 부모 개념 노드들의 개수이고 x', y'은 자식 개념 노드들의 개수이며 w는 가중치이다.

V. 연구 결과

학습 온톨로지를 생성하기 위해서는 온톨로지 생성, 저장 및 검색을 지원하는 관리 시스템 및 온톨로지 편집기, 비주얼 검색기 등의 온톨로지 관련 도구들이 필요하다. 현재 온톨로지 표준 언어로 RDF/OWL (McGuinness, 2003)과 토픽맵(Steve)이 사용되고 있으며 Jena, Sesame, TM4J, Ontopia OKS 등 각각

<표 2> 온톨로지 매칭 연산자와 연산식

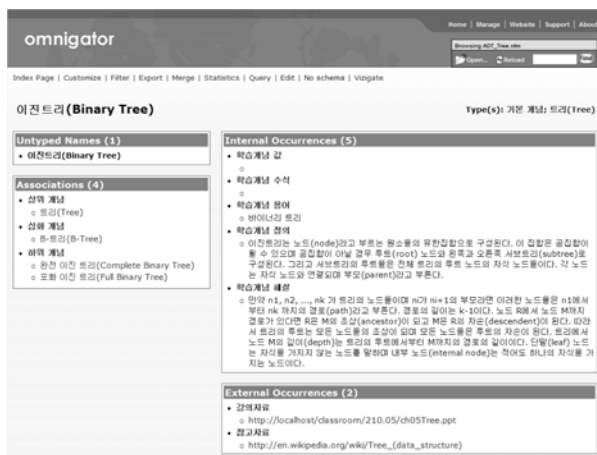
<Table 2> Ontology matching operator and expression

매칭 연산자	연산식
용어기반 매칭 연산자 (SIMname)	$SIM_{substring}(x, y) = 2 c / x + y $ $SIM_{string}(a, b) = \sum SIM_{substring}(x_i, y_j) / a \cup b $ $SIM_{name}(t_1, t_2) = (SIM_{dic}(t_1.names, t_2.names) + SIM_{string}(t_1.names, t_2.names)) / 2$
속성기반 매칭 연산자 (SIMocc)	$SIM_{occ}(t_1, t_2) = \sum (SIM_{occtype}(t_1.occurrence_i, t_2.occurrence_j) \times SIM_{ocvalue}(t_1.occurrence_i, t_2.occurrence_j) / m \times n , \text{ for } 1 \leq i \leq m \text{ and } 1 \leq j \leq n$
계층구조기반 매칭 연산자 (SIMH)	$SIM_H(t_1, t_2) = (1-w)(\sum (SIM_{name+occ}(t_1.parent_i, t_2.parent_j)) / x \times y) + w(\sum (SIM(t_1.child_k, t_2.child_l)) / x' \times y')$

의 언어에 적합한 온톨로지 관리 시스템들이 구현되어 여러 분야에 활용되고 있다. 토픽맵은 RDF/OWL에 비해 제약조건 정의, 추론이 가능한 논리식 정의 등에 있어서 단점을 가지지만 그로인해 비교적 온톨로지 기술이 쉽다는 장점을 가진다. 학습 온톨로지는 시맨틱 웹에서의 자동화된 웹서비스를 위한 추론형 온톨로지가 아니라 수업 중에 교수자와 학습자들 사이에 지식을 토론하고 공유하기 위한 사람을 위한 온톨로지이므로 RDF/OWL 보다는 토픽맵을 활용하는 것이 보다 적절하다.

본 논문에서는 토픽맵 언어로 학습 온톨로지를 정의하고 온톨로지 생성, 저장 및 검색을 위해 Ontopia OKS를 기반으로 하였으며 여기에 매칭 및 연계 연산을 수행하는 별도로 응용프로그램을 구현하였다. 학습자는 Ontopia OKS의 토픽맵 편집기인 Ontopoly를 이용하여 학습자 온톨로지를 생성하고 Omnigator와 Vizigator를 이용하여 편집된 자신의 온톨로지에서 특정 학습 개념을 검색하고 전체 지식 구조를 탐색할 수 있다. 교수자에게 제출된 학습자 온톨로지는 매칭 및 연계 프로그램의 수행을 통해 교수자 온톨로지와 연결된 다음 수업 중에 Omnigator와 Vizigator를 이용하여 지식 토론과 공유에 활용된다.

[그림 4]는 Omnigator로 ‘이진트리’ 학습 개념을 검색한 화면이다. 먼저 지식 구조를 살펴보면 이진트리 개념의 클래스는 기본개념 클래스이며 ‘트리’ 학습 개념을 상위 개념으로 가진다. 이진트리 개념의 하위 학습 개념들로 ‘완전이진트리’와 ‘포화이진트리’



[그림 4] ‘이진 트리’ 학습 개념을 검색한 Omnigator 화면
 [Fig. 4] A screenshot of Omnigator representing learning concept of ‘Binary Tree’

두 가지가 정의되어 있으며 심화 개념 즉 Advanced-Concept-Of 관계로 연결된 ‘B-트리’ 학습 개념을 가진다. 이진트리 학습 개념의 기본 정의는 오른쪽 부분에 Internal Occurrence 영역과 External Occurrence 영역에 보여진다.

학습 성과는 한 학기 동안 해당 교과목을 수강한 학습자들이 가져야 하는 교육목표로서 교수자에 의해 개별 교과목의 강의계획서에 다양하게 명시된다. 본 논문에서 다루는 학습 성과는 학습자의 능동적인 참여, 수강 과목의 기초적인 개념 이해, 기초 개념들 사이의 연관성 및 심층적 개념 이해, 학습 개념의 응용 등으로 볼 수 있다.

학습 온톨로지에 기반한 학습 토론 및 지식 공유를 자료구조 수업과 인터넷기술개론 수업에 적용하였고 그 과정에서 학습자의 학습 성과 향상 여부를 판단하기 위해 두 가지 유형의 데이터를 분석하였다. 하나는 설문 조사를 통한 학습자들로부터의 피드백이며 다른 하나는 퀴즈, 중간, 기말 등의 시험과 과제 발표 등이다. 학생들의 피드백은 <표 3>에 정리하였으며 시험 및 과제 발표에 의한 평가는 [그림 5]에 정리하였다.

자료구조 수업은 컴퓨터 전공자들을 대상으로 진행된 수업인데 반해 인터넷기술개론은 인문, 사회, 예술 등의 비전공자들을 대상으로 진행된 수업이다. 따라서 전공에 상관없이 다양한 학습자들로부터의 피드백을 수집, 분석함으로써 차후 다른 학습에도 적용할 수 있는 유용한 정보를 얻을 수 있다. <표 3>의 피드백은 각 문항에 대한 학습자들의 평균적인 응답을 보여준다.

<표 3>의 설문 문항들 중에서 1)~5)의 문항들은 학습자 온톨로지를 생성하는데 있어서 어려움이 없는가에 대한 조사이고 6)~9)의 문항들은 학습자 온톨로지를 활용하여 주제 발표와 토론이 효과적인가를 조사하기 위한 것이다. 학습자들의 피드백을 분석한 결과 온톨로지 개념에 대해서는 충분히 이해하고 있으나 직접 학습자 온톨로지를 생성하는 것은 쉬운 작업이 아니라는 것과 학습자 온톨로지를 활용한 발표, 토론, 지식 공유는 의미있는 과정이라는 것이다.

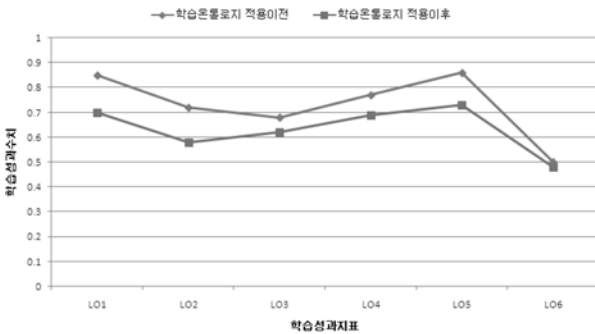
[그림 5]는 학습 성과 변화 그래프로서 학습 온톨로지를 적용한 수업에서 학생들의 과제, 발표, 퀴즈, 중간 및 기말 시험 등을 분석한 결과 이전 방식의 수업에 비해 학습 성과의 향상 정도가 어떠한지 보여주고 있다. 실험 데이터는 자료구조 및 인터넷기술개론 수업 수강생 105명의 과제물, 발표 자료 및

<표 3> 학습 온톨로지 활용 수업에 대한 학습자들의 피드백

<Table 3> The feedback of students about learning ontologies-based teaching

①매우그렇다 ②그렇다 ③보통이다 ④아니다 ⑤매우아니다

질문 문항	①	②	③	④	⑤
1) 온톨로지에 대한 이해가 충분한가?	●				
2) 학습자료분석으로부터 용어 추출 및 분류가 쉬운가?		●			
3) 학습자 온톨로지의 개념정의에 대한 이해가 충분한가?		●			
4) 학습자 온톨로지의 지식구조에 대한 이해가 충분한가?			●		
5) Competency Question의 파악이 쉬운가?			●		
6) 온톨로지를 활용한 주제 발표가 쉬운가?	●				
7) 온톨로지에 기반한 토론에서 개념에 대한 파악이 명확한가?		●			
8) 온톨로지에 기반한 토론에서 지식구조 파악이 명확한가?		●			
9) 온톨로지가 지식 표현 및 공유에 적합한가?		●			



[그림 5] 학습 성과 향상 그래프

[Fig. 5] Learning outcomes enhancement graph

발표 평가지, 퀴즈 및 중간, 기말 시험의 답안지들이며 학습 성과 지표는 한국공학교육인증원의 프로그램 학습 성과 및 지표를 참고하여 다음과 같이 정의하였다.

- LO1 - 기본 개념의 정의 및 속성에 대한 이해
- LO2 - 핵심 개념 사이의 연관성 등 개념 연계 이해
- LO3 - 문제를 이해하고 해결하는 능력
- LO4 - 개념 지식 구조 해석 및 적용 능력
- LO5 - 지식 전달 및 공유 능력
- LO6 - 비판적 사고에 의한 문제 제시 능력

학습 성과 측정은 먼저 실험 데이터의 내용을 학습 성과 지표 별로 분류한 다음 각 지표에 대해 전체 학생 수 대비 해당 지표의 능력을 가지는 학생이 얼마나 되는 지 비율을 산출하는 방식으로 수행하였다. 예를 들어, 중간 및 기말 시험에서 LO1의 기초 개념 이해 지표에 해당하는 문항들을 분류한 다음 해당 문항들을 맞힌 학생들의 수를 전체 학생 수로

나누어 학습 성과 수치를 산출하였다. [그림 5]의 그래프는 각 지표에 대해 학습온톨로지 적용 전과 후의 학습 성과 수치를 보이고 있다. 학습온톨로지 적용 이전보다 이후의 경우 각 문항에 대해 학생들의 성적이 향상되었음을 알 수 있다.

학습온톨로지를 적용한 수업의 경우 학습자들이 기본 개념을 추출하고 이를 분석한 다음 연관된 개념들과의 관계 정의를 통해 주요 개념의 지식 구조를 파악하는 데 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 텍스트 위주의 프리젠테이션에서 벗어나 학습 개념의 지식 구조 탐색을 통해 발표 및 토론을 진행함으로써 지식 전달 및 공유에 보다 효과적임을 알 수 있다.

VI. 결론

학습자의 학습 효과를 높이기 위한 교수법으로 토론, 발표, 과제 수행, 질문 등 다양한 방법들이 사용되고 있다. 이러한 방법들은 학습자의 능동적인 참여를 유도하고 학습자 스스로 지식을 탐구하도록 동기 유발을 목적으로 한다. 그러나 학습자 개별적인 페이퍼 위주의 과제는 발표, 토론, 지식 연계 및 공유 등에 있어서 그 효과가 제한적이라는 문제를 가진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서 제안한 학습 온톨로지는 학습자 스스로 발견한 지식을 표준화된 방법으로 정의하고 계층적 및 연관적 지식 관계를 표현함으로써 여러 학습자들과의 토론, 지식 연계 및 공유를 효과적으로 수행할 수 있도록 한다.

사전에 온톨로지에 대한 지식이 없는 학습자들이 정확한 개념 정의와 체계적인 지식 구조를 생성하는

것은 어려운 일이다. 따라서 비교적 지식 표현이 자유로운 토픽맵 언어를 사용하여 학습자 온톨로지를 생성하도록 하였으며 클래스, 속성, 관계, 인스턴스, 제약조건 등 온톨로지 요소를 정확하게 정의하는 것 보다는 학습자가 공유하고자 하는 지식을 충분히 표현하는 데 목적을 두었다. 학습 온톨로지를 토대로 발표하는 과정에서 학습자들은 개별 지식에 대한 이해뿐만 아니라 상호 연계되는 지식들을 연결 지어 판단하는 장점을 얻을 수 있었다.

학습자 온톨로지를 효과적으로 생성하기 위해서는 온톨로지를 생성, 저장 및 검색하는 온톨로지 관리 시스템뿐만 아니라 쉽게 온톨로지를 편집할 수 있는 편집도구가 필요하다. 현재 널리 사용되는 Protege, OntoEdit, Ontopoly 등은 학습자 온톨로지를 생성하기에 너무 복잡하거나 또는 비주얼 편집이 불가능하다는 문제를 가진다. 향후 연구로는 학습자 온톨로지 생성이 용이한 비주얼 편집기를 개발하는 것과 커리큘럼 온톨로지 및 강의계획서(syllabus) 온톨로지와 학습 온톨로지를 연계하여 개별 과목뿐만 아니라 연관성을 가지는 여러 과목들 사이에 학습 온톨로지를 통합하는 것이다.

국문요약

수업은 교수자와 학습자의 상호작용으로 정의될 수 있으며 학습자의 능동적 활동에 의해 학습 성과가 향상될 수 있다. 그러나 교수자에 의해 작성되고 배포되는 강의자료, 교수자의 일방적인 강의, 페이지 위주의 과제 제출 등으로 학습자의 적극적인 학습 참여가 제한되고 있다. 본 논문에서는 학습자가 스스로 발견한 지식을 개념화하고 지식 구조를 정의함으로써 학습자 온톨로지를 생성하는 방법을 제안한다. 또한 교수자 온톨로지와의 연계를 위해 온톨로지 매칭 및 연계 기법을 제안한다. 교수자 온톨로지와 학습자 온톨로지는 통합되어 학습 온톨로지를 구성하며 이 온톨로지를 토대로 교수자와 학습자들 사이에 토론, 발표, 지식 공유 등이 이루어진다. 제안하는 온톨로지 기반 학습은 실제 수업에 적용되었으며 학습자들의 피드백 분석을 통해 그 효과를 보였다.

주제어: 학습자 위주 교육, 학습 온톨로지, 온톨로지 매칭, 토픽맵 매칭

감사의 글

본 연구는 조선대학교 공학교육혁신센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

나승일(2004). 대학에서의 효과적인 교수법 가이드, 서울대학교출판부.

Richard M. Felder, Linda K. Silverman(1988). *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*, Journal of Engineering Education, 78(7), 674-681.

Mizoguchi R., Bourdeau, J.(2000). *Using Ontological Engineering to Overcome AI-ED Problems*, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 11(2), 107-121.

Nilsson, M., Palmer, M., Brase, J.(2003) *The LOM RDF binding - principles and implementation*, In Proceedings of The 3rd Annual ARIDNE Conference, Lueven, Belgium.

Marco R., Joseph S.(2007). *Curriculum Management and Review - an ontology-based solution*, Technical Report # DIT-07-021, University of Trento.

Sampson, D. G., Lytra, M. D., Wagner, G., Diaz, P.(2004). *Guest Editorial: Ontologies and the Semantic Web for E-learning*, Educational Technology and Society, 7(4), 26-28.

J.M.Kim, H.P.Shin, and H.J.Kim(2007). *Schema and constraints-based matching and merging of topic maps*, Information Processing and Management, 43(4), 930-945.

Shackelford, R., McGettrick, A., Sloan, R., Topi, H., Davies, G., Kamali, R., Cross, J., Impagliazzo, J., LeBlanc, R., Lunt, B.(2006). *Computing Curricula 2005: The Overview Report*, ACM SIGCSE Bulletin, 38(1).

Apple W. P. F., Horace H. S. I.(2007). *Educational Ontologies Construction for Personalized Learning on the Web*, Studies in Computation Intelligence 62, 47-82.

- Mizoguchi, R.(2004). *Tutorial on ontological engineering-Part2: Ontology development, tools and languages*, New Generation Computing, OhmSha&Springer, 22(1).
- Noy, N. F. & McGuinness, D. L.(2001)., *Ontology development 101: a guide to creating your first ontology*, Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05.
- Shvaiko, P. and Euzenat, J.(2004). *A Survey of Schema-based Matching Approaches*, Technical Report DIT-04-087, University of Trento, Italy.
- D. L. McGuinness and F. Harmelen(2003). *OWL Web Ontology Language Overview*, W3C Recommendation, 10 February, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- Steve Pepper and Graham Moore.(2001). *XML Topic Maps(XTM) 1.0*, TopicMaps.Org.

교신저자: 정현숙