

온톨로지에 기반한 지능형 e-learning 시스템

한국교원대학교 최현종 · 김태영*

1. 서론

올해 우리나라의 인터넷 이용자 수가 3,000만 시대에 접어들었으며 수능 e-learning 교육 시장이 2000억원대 수준이 될 것이라는 한국전산원의 전망이 발표되었다 [1]. 이런 수치적인 인터넷 시장 전망이 우리에게 의미하는 것은 무엇인가? 우리나라에서의 인터넷이라는 것은 소수 집단의 점유물이 아닌 일반인들에게 친숙하게 다가가는 생활의 한 매체가 되어 버린 것이다. 집집마다 텔레비전과 전화기가 있듯이 인터넷 전용선과 컴퓨터가 생활의 지식과 정보를 공유하는 새로운 매체로 자리 잡고 있다는 의미인 것이다. 특히 인터넷 인프라에 힘입어 원격 교육으로서의 웹기반 교수·학습 시스템(이하 e-learning 시스템)은 이미 초중고 및 대학 등의 정규 교육을 뒷받침하고, 일반인들을 위한 평생 교육의 차원에서 많은 연구와 개발이 이루어지고 있는 실정이다.

그렇다면 과연 효과적이고 효율적인 교육이 가능한 e-learning 시스템은 어떤 방법과 기술로 개발해야만 하는 것인가? 시스템의 구조와 같이 계층(layer) 구조로 접근해 보자면, 세 계층 정도로 나누어 생각해 볼 수 있을 것이다. 맨 밑의 첫 번째 계층은 학습의 자료를 다루는 부분으로 이 부분의 문제들은 어떤 학습 자료를 어떻게 저장하고, 추출할 것인가? 또한, 저장된 각 학습 자료들을 검색·추출하기 위해 사용되는 메타데이터는 어떤 항목들(요소들)을 선택하여 어떻게 표현되는가? 등이 될 것이다. 그 위의 두 번째 계층의 문제는 추출된 학습 자료(learning resource)를 어떻게 선별하여 묶어(packaging)주고, 나열(sequencing)하여 학습자에게 전해주는가? 묶어진 학습 자료들을 어떤 방법으로 언제 제시하는 것이 효과적인가? 하는 문제들일 것이다. 맨 위의 세 번째 계층의 문제는 교수자 및 학습자들과의 인터페이스와 피드백(feedback) 문제일 것이다. 아래 계층에서는 기술적인 측면이 강조되며, 위로 올라 갈수록

교육학적인 접근이 필요하다고 할 것이다.

이러한 세 계층의 문제들을 많은 연구자들이 부분별로 또는 통합하여 연구, 개발하고 있는데, 본 논문에서는 이 중에서도 특히 현재 많은 연구가 진행중인 첫 번째 계층과 두 번째 계층에 대해 살펴보고자 한다. 2장에서는 첫 번째 계층의 주제 중의 하나인 학습 객체와 메타데이터라는 학습 자료의 표현 방법과 이들의 저장, 추출 문제를 다루고, 3장에서는 두 번째 계층의 문제 중의 하나인 학습 내용의 구조화와 나열에 대한 문제를 이야기하고자 한다. 특히, 최근에는 학습 내용의 구조화와 나열에 온톨로지(ontology)를 적용하는 연구들이 점차 늘어나고 있다. 또한, 서로 다르게 개발된 이기종(heterogeneous) 학습 객체 메타데이터를 추출하는 문제에 온톨로지를 적용한 사례도 소개하고자 한다.

2. 학습 객체와 메타데이터

2.1 학습 객체와 메타데이터

학습 객체(LO, Learning Object)는 최근 e-learning 시스템 분야에서 활발하게 연구되고 있는 컴퓨터 교육의 새로운 패러다임으로 학습 자료의 객체 지향과 컴퍼넌트(component) 기반 프로그래밍에 그 기반을 두고 있다. 다양한 온·오프라인(on/off-line) 학습 상황에서 사용되는 많은 디지털 자료도 객체지향 프로그래밍언어의 컴퍼넌트처럼, 한번 만들어지면 여러 상황에서 다시 재사용하여 사용할 수 있게 해 보자는 아이디어에서 출발하였다. 마치 레고(LEGO) 블록과 같이 학습자와 교수자의 흥미와 동기, 목적에 의해 자유롭게 결합되어 한 단위의 학습을 위한 작은 학습 컴퍼넌트(small instructional component)로 정의할 수 있다[2]. 그동안 수없이 반복되어 개발되어져 온 많은 디지털 학습 자료를 생각해 보면 이 학습 객체 패러다임은 당연한 결과로 생각된다.

David Wiley는 아래와 같이 이런 학습 객체를 그 목적과 학습 상황 등에 따라 가장 기본적인 단위가 되는

* 종신회원

한 개의 학습 객체로부터 특정 도메인(학습의 한 단위)에 한정된 학습과 평가 전략이 포함된 학습 객체까지 다섯 단계의 학습 객체가 존재한다고 분류하고 있다[3].

- ① Fundamental LO(FLO): JPEG 그림 한 개와 같이 기본적으로 간단한 형태의 객체
- ② Combined-Closed LO(CCLO): 동영상과 같이 두 개 이상의 미디어가 결합된 형태의 객체
- ③ Combined-Open LO(COLO): JPEG 그림과 동영상이 함께 있는 웹 문서와 같은 형태의 객체
- ④ Generative-Presentation LO(GPLO): 자바 애플릿과 같이 특정한 학습 목적을 위해 만들어져 보여지는 형태의 객체
- ⑤ Generative-Instructional LO(GILO): 교수·학습할 수 있는 일련의 과정을 제공하는 형태의 객체

한 개의 작은 학습 객체가 모여 특정한 학습 목표를 가지고 있는 한 단위(unit)의 학습 모듈이 되기 위해서는 각 학습 객체가 가지고 있는 학습 자료로서의 특징(성격)이 잘 표현되어야 한다. 이 특징들을 이용하여 교수자, 학습자 및 개발자는 교수·학습 시스템에서 이 학습 객체들을 이용할 수 있게 되는 것이다. 이런 학습 객체의 특징을 서술해 주는 것이 바로 학습 객체 메타데이터(metadata)이다.

학습 객체 메타데이터는 학습 객체를 재사용하고, 여러 학습 객체를 통합할 수 있게 해 주는 필수적 요소로 현재 세계적으로 몇 개의 단체에서 학습 객체 메타데이터 형식을 제안하고 있다. 가장 대표적인 학습 객체 메타데이터 형식은 Dublin Core의 DC 메타데이터 모델과 IEEE의 LOM(Learning Object Metadata) 모델, IMS(Instructional Management Systems)의 IMS 메타데이터 모델, ADL(Advanced Distributed Learning)의 SCORM(Sharable Content Object Reference Model)이 있고, 우리나라에서는 한국교육학술정보원(KERIS)의 KEM(Korea Educational Metadata) 모델이 있다[4-8].

사실 IMS 모델과 SCORM 모델은 2002년 표준화된 IEEE 1484.12.1-2002인 LOM 모델에 기반을 둔 것이기 때문에 국제적으로 가장 활발하게 사용되며 연구되고 있는 메타데이터 모델은 LOM 모델과 DC 모델이라고 할 수 있다. 2003년에 표준화된 ISO 15836인 DC 메타데이터 모델은 15개의 핵심적 요소로 구성되어 있는 개략적(concise)인 모델인 반면 IEEE의 LOM 모델은 메타데이터 요소로 대략 64개 정도의 상세한 표현이 가능한 모델이다. LOM 모델인 경우 메타데이터 모델과 더불어 XML 바인딩(binding)을 위한 자세한 스펙까지

도 표준화하고 있다[6,7].

우리나라의 경우 2001년 KERIS에서 국외의 다양한 학습 객체 메타데이터 모델인 DC, DCED(Dublin Core Education Working Group), GEM(Gateway to Educational Materials), LOM 등을 검토하여 국내의 실정을 감안한 국가표준 교육정보 메타데이터의 형식인 KEM을 발표하였는데, KEM은 23개의 기술 요소와 51개의 하위 요소를 가지고 있는 지역화된 메타데이터(localized learning object metadata) 모델이다. 우리나라 이외에도 중국의 CELTS, 캐나다의 CanCore 등과 같이 몇몇 국가들은 자신들만의 지역화된 학습 객체 메타데이터 모델을 개발하여 사용하고 있다[9,10].

국제적으로 표준화된 두 개의 메타데이터 모델을 사용하지 않고, 몇몇 나라들이 지역화된 학습 객체 메타데이터 모델을 사용하고 있는 원인을 살펴보면, 우선 DC 모델은 메타데이터 요소가 너무 일반적(general)으로 만들어졌기 때문에 여러 교육적 상황이나 매체에 사용될 수 있지만, 그 특징을 자세하게 나타낼 수 없는 단점이 있다. 그에 반해 IEEE LOM 모델은 대략 64개의 요소를 제공하기 때문에 DC 모델에 비해 자세한 특징을 기술할 수 있지만, 모든 요소들을 하나하나 기술하여 메타데이터를 만들기에는 너무 많은 시간과 노력, 저장 공간이 필요하다. 교사 한 사람이 한 개의 학습 객체 메타데이터를 작성하기 위해 평균 30분 정도의 시간이 걸린다는 연구 결과를 보면 LOM을 사용하여 메타데이터를 작성하는 것이 얼마나 힘든 일인지 알 수 있다[11].

그러므로 SCORM이나 우리나라의 KEM 모델을 살펴보면 많은 메타데이터 요소들 중에서 꼭 필요한 필수 요소(core element, mandatory element)와 선택 요소(optional element)로 나누어 학습 객체 메타데이터를 기술하고 있다. CanCore와 CELTS 모델 역시 필수 요소와 선택 요소로 나누어 메타데이터를 기술하고 있는데, 대부분 교육 환경의 지역성을 내포한 요소, 예를 들어, 교육 과정을 반영하는 요소들이 선택 요소에 포함되어 있다. 그림 1은 DC, KEM, LOM, SCORM Asset과 SCORM CAM(Content Aggregation Model) 메타데이터 필수 요소들 간의 포함 관계를 대략적으로 나타낸 그림이다. SCORM Asset은 SCORM 학습 객체의 기본이 되는 최소 단위로 학습 자료의 한 형태, 즉 이미지, 동영상 등이 되고, SCORM CAM은 학습 객체의 메타데이터, 학습 내용의 구조와 패키징(packaging), 내용의 시퀀스 정보(sequencing information)로 이루어져 있다.

그림 2에서는 IEEE LOM을 사용하는 SCORM 학습 객체 메타데이터의 각 요소를 XML 형태로 바인딩한

구조를 XML Spy에서 구현한 스키마를 보여준다.

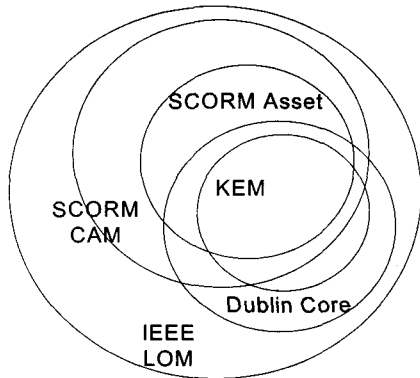


그림 1 학습 객체 메타데이터 필수 요소들 간의 포함 관계

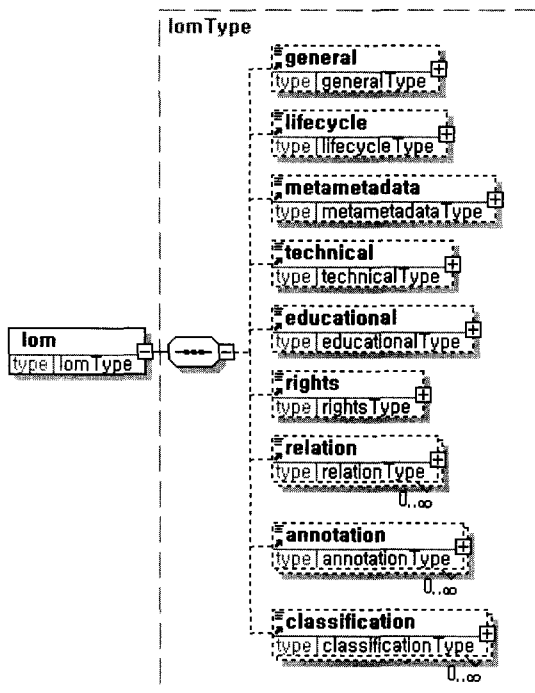


그림 2 IEEE LOM의 메타데이터 스키마

2.2 학습 객체 레포지터리

레포지터리(repository)는 자료를 저장하고 관리하는 저장소로 네트워크에 연결된 다수의 데이터베이스나 파일 시스템의 집합을 의미한다[12]. 우리나라의 경우 인터넷이 이미 현대의 생활 도구로 자리 잡고 있는 현실이기 때문에, 초, 중등 및 대학교에서 인터넷을 이용한 원격 교육에 많은 투자와 노력을 하고 있다. 특히 초, 중등학교의 경우 교사들의 자발적인 참여와 더불어 전국의 16개 시도 교육청과 산하 단체들, 특히 각 시도의 교육과학연구원에서는 지역 교사와 더불어 많은 교육 자료를 만들어 저장, 관리, 배포하고 있다. 이렇게 만들어진 각 시도의 많은 교육 자료 저장소들을 통합하여 온·오프

라인 교수·학습 시스템을 위한 학습 객체 레포지터리로 사용하려는 움직임, 즉 전국에 분산되어 있는 많은 교육 자료들을 통합하여 서비스하려는 움직임의 결과들이 KERIS에서 운영하고 있는 에듀넷의 수업자료 통합 검색 서비스이고, 한국교육과정평가원(KICE)의 교수·학습개발센터 서비스이다[13,14].

각 시도 교육청에서 만들어진 자료에 대한 메타데이터는 현재 KEM 모델을 이용하여 메타데이터를 작성, 저장하고 있는데 KEM 모델은 메타데이터를 바인딩하는 방법으로 아래와 같은 세 가지를 제시하고 있다.

- ① HTML 형식: <Meta Name=DC.Title Content = "책을 읽는 즐거움">
- ② XML 형식: <dc:title> 책을 읽는 즐거움</dc:title>
- ③ XML/RDF 형식: <dc:title> 책을 읽는 즐거움 </dc:title>

현재 웹 자료의 기술(description)과 메타데이터 작성에 관한 표준화는 XML이 주도하고 있기 때문에 첫 번째 방법보다는 두 번째나 세 번째 방법이 선호되고 있다. 따라서 학습 객체의 메타데이터를 XML 형태로 저장한다고 했을 때, XML 형태의 메타데이터를 저장·관리하는데 사용될 저장소로 대부분 파일 시스템보다는 데이터베이스를 선호하게 된다. 그 이유는 데이터베이스가 제공하는 저장·관리·추출 등의 편리함 때문이다.

하지만, 현재 사용되고 있는 KEM, LOM 모델들에서는 메타데이터 요소들이 필수 요소와 선택 요소로 구분되어 있기 때문에 메타데이터를 작성할 때 어떤 요소들이 널(null) 값을 갖게 될지 알 수 없다. 또 하나의 문제는 동일한 메타데이터 값(value)을 저장한다고 하더라도, XML은 그 값을 요소(element) 값으로 저장할 수도 있고, 또한 속성(attribute) 값으로도 저장할 수도 있다[15]. 따라서 메타데이터를 데이터베이스에 저장하는 경우, 현재 가장 널리 사용되고 있는 관계형(relational) 데이터베이스를 먼저 떠올리게 되지만, 위에서 지적한 두 가지 문제로 인해 메타데이터의 스키마를 관계형 데이터베이스의 테이블 형태로 정규화(normalization)하기란 쉽지 않은 일이다. 이 문제를 해결해 줄 수 있는 데이터베이스가 XML 데이터베이스이다.

Ronald Bourret은 XML 기술을 데이터베이스에 적용시킨 유형을 다양하게 분류하고 있는데, 대표적인 두 가지 경우는 다음과 같다[16].

- ① XML Enabled 데이터베이스(XED) : XML 문서와 데이터베이스의 자료 구조 간에 서로 자료를 교환할 수 있는 기능이 더해진 데이터베이스이다.

DB2, MS SQL Server 2000, Oracle 9i 등이 있다.

- ② XML Native 데이터베이스(XND) : XML 문서를 순수하게 XML 형태로 데이터베이스에 저장해주는 데이터베이스이다. Tamino, XDB 등이 있다.

XED는 기존의 데이터베이스에 XML 기술을 추가한 경우로 XML 문서를 자신의 데이터베이스 구조로 변환하여 저장, 관리하는 기능을 가지고 있는 반면에, XND는 XML 문서 자체를 추출과 저장을 위한 기본 논리적 모델로 정의하고 있다. 특히, XND의 성질과 유사하게 테이블 형태의 데이터를 XML 문서로 변환할 수 있는 기능과 XML을 하나의 데이터 형으로 선언하여 사용할 수 있는 기능이 있는 XED 저장소의 경우, XML 형태의 메타데이터를 유지·관리·추출하는데 유리하다고 할 수 있다. XML 형태의 메타데이터를 저장하는 문제점은 XND를 적용함으로써 해결할 수 있지만, XML 문서에서 원하는 데이터를 추출하는 문제는 XPath, XQuery 등이 표준화되고 있으며 RDF 형태의 논리적 단위에서의 추출 문제는 RDQL 등이 사용되고 있다[17-19].

또한, 네트워크 상에 분산되어 있는 여러 레포지토리를 통합하기 위해서는 분산(distributed) 시스템으로서의 통합이 필요하다. 이에 대해서는 데이터 수준에서의 통합이나, 프로세스 수준에서의 통합이나, 어플리케이션 수준에서의 통합이나 라는 여러 단계의 통합 수준 문제가 존재하고 있다. 현재 여러 분야의 연구들이 진행되고 있는데, 애플리케이션 미들웨어(RMI, CORBA, EJB, .NET)에 기반한 분산객체 등을 이용한 분산 데이터베이스의 통합이나, 데이터베이스의 웹 서비스를 이용한 학습 객체 메타데이터 추출 및 통합에 관한 연구들이 있다[20-22].

3. 학습 객체기반 지능형 시스템

3.1 e-learning 시스템 개발 동향

교육이 개인의 전인적 성장을 목적으로 한다면 현대 교육의 중요한 한 가지 방법이 되고 있는 원격 교육 역시, 개인의 전인적 성장이 그 목표일 것이다. 이 목표를 위해 제6차 교육과정에서는 열린 교육이라는 motto(motto), 제7차 교육과정에서는 개별, 개성화, 수준별 교육이라는 motto로 교육과정 속에 그 의미를 내포시키고 있으며, 원격 교육에서는 적응적(adaptive), 개별화(personalized or customized) 교육으로 사용되고 있다.

개인별로 맞춤형 교육을 제공하기 위해서는 이전의

원격 교육 시스템에서 제공하지 못했던 새로운 데이터와 프로세스가 필요한데, IEEE에서는 학습 기술(Learning Technology) 표준의 한 방향으로 교육 시스템이 갖추어야 될 개념적 구조를 LTSA(Learning Technology Systems Architecture)로써 제시하고 있다[23]. 이 구조는 현재 연구·개발되고 있는 많은 교육 시스템에 폭 넓게 적용할 수 있는 개론적이고 기본적인 구조이면서 개발자, 교사, 학습자의 모든 영역을 포괄하고 있기 때문에 여러 다양한 사례에 폭 넓게 적용되고 있다.

효과적인 웹 기반 교육 시스템을 위해서는 학습자에게 차별화된 학습 내용과 지식을 제공해 주어야 하는데, 대표적인 두 가지 연구 방향이 있다. 첫 번째는 학습자 프로파일, 즉 Learner Records를 분석하여 이를 바탕으로 학습자에게 '적응적(adaptive)' 학습을 제공하는 방법이다. 대표적인 분석 도구로 데이터 마이닝(data mining) 기법이 적용되고 있는데, 마이닝 기법은 데이터베이스를 분석하여 의사결정(decision making)에 사용될 수 있는 특별한 패턴을 찾는 과정이다. 시스템에 접속하는 사용자들의 접속 패턴과 접속 후 행동 패턴을 알기 위해 로그(log)를 해석하는데, 접속한 학습자들의 학습 과정을 데이터로 저장하여 학습자 프로파일을 만들고, 이 학습자 프로파일을 분석하고 클러스터링(clustering)하여 학습자의 학습 결과를 설명하고 예측하는 것이다. 일반적으로 의사 결정 트리(decision tree)로 학습자에게 적응적 학습을 제공하고, 클러스터 분석(cluster analysis)으로 협동 학습(collaborative learning)을 제공하는 시도가 연구되고 있다[24,25].

두 번째로 시도되고 있는 방향은 학습 자료, 즉 Learning Resource들을 의미(semantic)있게 구조화, 지식화하여 '지능적(intelligent)' 학습을 제공하는 것이다. Tim-Bernes Lee가 주장하고 있는 미래의 웹 모습인 Semantic Web에서 표현하고 있는 웹 자료들의 의미 부여와 일맥상통하는 논리이다. 즉 메타데이터로 표현된 각 학습 자료들은 그 자체의 성질만을 표현했을 뿐, 다른 학습 자료들과의 관계나 연관성은 전혀 표현하고 있지 못하다. 따라서 메타데이터로 표현된 각 학습 자료들을 서로 연결지어 하나의 사실을 표현할 수 있다면, 현재 산재되어 있는 많은 웹 자료들을 지식화 할 수 있다는 것이다.

그림 3에서 제시되어 있는 것처럼 메타데이터로 표현된 독립된 각각의 학습 자료들을 의미적으로 연결시켜 준다면, 두 번째 단계인 지식 표현이 가능하게 되고, 그 이상의 것도 표현할 수 있을 것이라는 것이 Semantic Web의 기본적인 생각이다[26].

XML 기반의 메타데이터 모델을 의미적으로 표현·

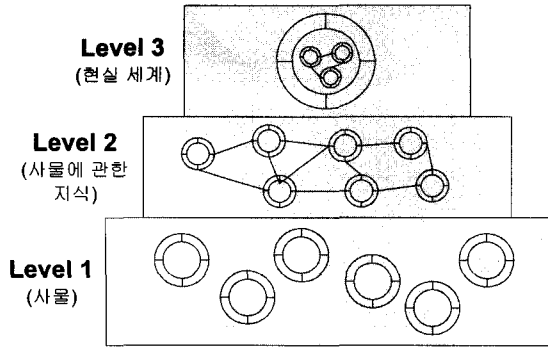


그림 3 Semantic Level

연결할 수 있게 해 주는 언어가 바로 온톨로지이다. 온톨로지는 현재 자연어처리, 정보 검색, 지식처리 분야 등에서 많은 연구가 진행 중이다. 온톨로지를 통해 지식의 표현, 공유, 추론, 통합 등이 가능하기 때문에 웹 기반 교육 시스템에도 온톨로지를 적용한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

3.2 e-learning 시스템과 온톨로지

David Merrill이 지적한 바와 같이 웹 기반 교육(e-learning) 시스템에서 지식을 어떻게 표현하고, 어떻게 사용해야 할지의 문제는 기술적인 접근보다 교육학적인 학습 설계 접근 방법이 필요하다. 인지적(cognitive) 접근 방법이기도 하지만, 인지심리학자들은 학습자의 정신 모델(mental model)을 지식의 구조와 처리로 해석하고 있다. 하나의 예로 Gagné는 지식의 구성 요소로 facts, concepts, rules과 high order rules을 제시하고 있고, Reigeluth, Merrill, Bunderson은 facts, concepts, steps (procedures), principles을 제시하고 있다. 즉 지식의 표현 부분과 처리 부분으로 나누고 있음을 알 수 있다.

어쨌든, 현재의 웹 기반 교육 시스템에서의 교수·학습 설계에 가장 중요한 고려 사항은 학습 내용을 어떻게 학습자들의 다양한 정신 모델에 맞게 구조화하고 표현하느냐의 문제이다. 이전의 시스템에서 보여 왔던 정적으로 짜여진 학습 내용은 다양한 학습자들의 욕구와 정신 모델에 맞지 않기 때문에 앞으로의 학습 내용은 지식 객체(knowledge object)라고 표현되는 지식의 구조와 처리(process, activity)를 동시에 가지고 있어야 된다는 것이다. 그림 4는 Merrill이 제안하고 있는 일반적인 학습 상황에서의 지식의 구성요소와 그들의 관계를 나타낸 것이다[27].

인공지능이나 Semantic Web 분야에서 온톨로지는 특정 영역의 지식을 표현하기 위한 객체, 릴레이션(relation), 공리(axiom) 등으로 표현된다. 실세계의 사물이나 사건은 객체로 표현하고, 객체들의 관계는 릴

이션, 특정 영역의 지식을 표현하기 위해 구성된 객체와 릴레이션으로 이루어진 계층적 구조를 분류(taxonomy)라고 표현하기도 한다. 이 계층화된 구조속에서 일정한 패턴의 로직(logic)이나 공리가 사용되어 새로운 지식을 생성하거나 추론할 수 있다.

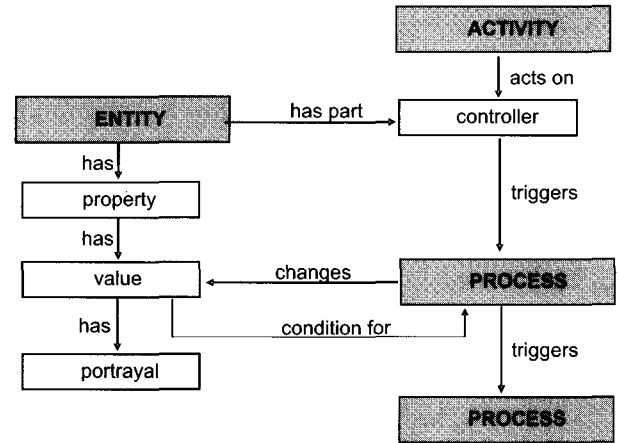


그림 4 지식의 구성 요소와 그 관계

온톨로지라는 지식 표현 방법에도 Merrill이 제안한 것과 같은 지식의 구성 요소인 Entity, property가 존재하고 처리를 위한 Process인 로직(logic)과 추론(reasoning)이 존재하고 있다. 이는 그림 5에서와 같이 Tim-Bernes Lee가 제안한 Semantic Web의 계층 구조에서도 잘 나타나 있다[28]. XML+NS(NameSpace)+xmlschema는 구문(syntax) 계층이고, RDF+rdfschema 계층은 데이터 계층을 형성하고, Ontology vocabulary 계층은 데이터의 의미를 규정하는 공통적인 형식을 표현해주는 계층이고, Logic 계층은 추론을 할 수 있도록 해 주는 규칙(rules)을 담당하는 계층, Proof 계층은 서로 다른 웹 에이전트들간에 통신과 추론된 식의 검증에 사용되는 계층이다. 그림의 Ontology vocabulary 계층에서 지식의 구조화가 가능하며, 그 이상의 계층에서 지식의 처리가 가능한 것이다.

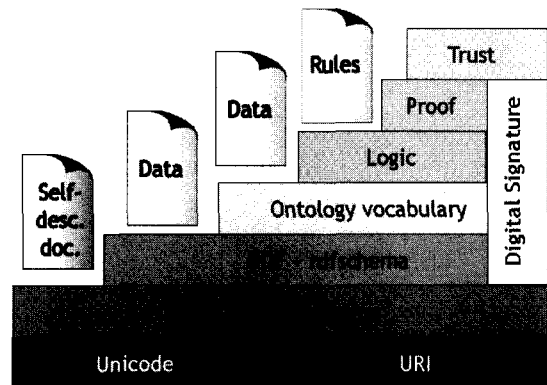


그림 5 Semantic Web의 계층 구조

IMS와 SCORM에서는 이미 학습 객체를 위한 메타데이터 형식과 더불어 학습 객체의 시퀀싱(sequencing)과 네비게이션(navigation)을 통해 학습 내용의 설계 방법을 표준화하고 있다[5,6]. 그림 6은 IMS의 시퀀싱과 네비게이션을 위한 학습 내용 패키지(Content Package)의 구조와 학습 활동 트리(Activity Tree) 구조이다.

학습 내용 패키지는 학습 내용의 구조(content structure)를 체계적이고 계층적(hierarchy)으로 구조화시킨 모델이다. 이 패키지를 이용하여 학습 활동을 위한 학습자의 학습 활동 구조를 트리(tree) 형태로 표현한 것이 활동 트리 모델이다. 활동 트리 모델을 기반으로 학습자들의 학습 활동에 따라 학습 내용을 제시할 수 있도록 IMS에서는 규칙 기반(rule-based)의 시퀀싱 모델 또한 제안하고 있다.

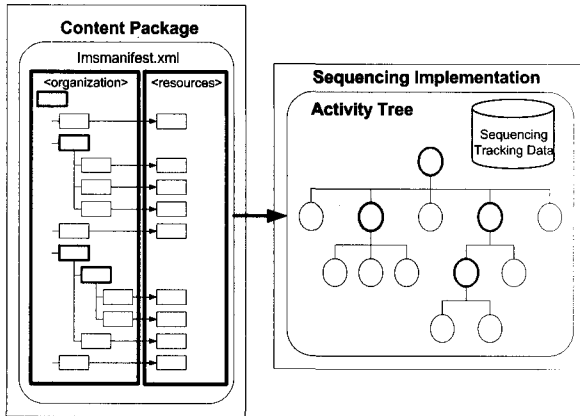


그림 6 IMS의 학습 내용과 활동 트리

각각의 시퀀싱 규칙들은 조건(condition)과 그에 따른 행동(action)을 규정하고 있는데, 조건은 학습자의 학습 상황을 알려주는 트래킹 모델(tracking model)에 의해 결정된다. 규칙은 대부분 간단한 if [condition_set] then [action]과 다중 if를 제어하는 case, for 문 등으로 되어 있다. 표 1은 시퀀싱 규칙의 의사 코드(pseudo code)의 한 예이다.

IMS와 SCORM의 시퀀싱과 네비게이션 모델은 학습의 내용을 구조화하여, 이를 통해 학습의 흐름을 제어할 수 있는 모델이다. 지식의 표현은 학습 내용을 계층형 구조로 표현했으며 규칙을 만들어 학습자와의 상호작용을 제어할 수 있도록 해 주었다. 이외에도 Nicola Henze, Wolfgang Nejdil은 지식의 처리를 좀 더 적극적으로 온라인 교육·학습 시스템에 도입하기 위하여 일차논리(First-order Logic)를 이용한 AEHS(Adaptive Educational Hypermedia System)을 설계 하였는데, 이 시스템의 논리는 문서공간(document space), 사용자 모델(user model), 학습과정(observation), 규칙(adaptation component, rules for adaptive

functionality)으로 구성되어져 있다[29].

표 1 시퀀싱 규칙의 의사 코드

```

Case: navigation request is Abandon All
If the Current Activity is Defined Then
  Exit Navigation Request Process (Navigation Request: Valid Termination Request: Abandon All Sequencing Request: Exit Target Activity: n/a; Exception: n/a)
Else
  Exit Navigation Request Process (Navigation Request: Not Valid Sequencing Request: n/a Termination Request: n/a Target Activity: n/a; Exception: NB.2.1-2)
End If
End Case

```

위의 몇 가지 예에서 시사되듯이 지능형 학습 시스템을 위한 온톨로지의 적용 가능성을 알 수 있다. 온톨로지는 현재 온라인 교수·학습 시스템에서도 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나이다. 주로 학습의 내용 구조와 학습자 관리에 치중하고 있으며 특히, 학습의 내용을 구조화하는 쪽에 중심을 두고 있는 경향이 있다. 이는 지식의 구조화, 학습의 계열성을 중시하는 Bruner의 인지주의 교수학습 이론과 융합이 잘 맞기 때문이라고 볼 수 있다.

3.3 온톨로지 기반 학습 객체 레포지터리 통합

온톨로지를 이용하는 e-learning 시스템에서 학습 객체 레포지터리는 온톨로지를 이용한 학습이라는 논리적 모델이 운용될 수 있도록 해 주는 대상(target)이 되는 가장 기본적인 데이터이다. 하지만 우리나라의 경우 각 시도 교육청에서는 KEM 모델을 사용하고 국내의 학습 객체 연구자들을 대부분 LOM을 사용하고 있는 실정이다. 외국의 경우를 비추어 보아도 DC 모델이나 LOM 모델을 그대로 사용하는 경우도 있지만 앞에서 서술한 것처럼 자신들만의 지역화된 메타데이터 모델을 사용하는 경우 또한 적지 않다. 따라서 이런 다양한 모델을 통합해 줄 수 있는 방법에 대한 연구도 병행되고 있다.

데이터를 통합하는 문제는 단순히 데이터 자체만을 통합하느냐의 문제와 프로세스나 어플리케이션 수준에서의 통합이냐를 먼저 고려해 주어야 한다. 데이터 단위의 통합이라면 통합 스키마(integrated schema)를 적용하여 통합할 수 있겠고, 프로세스나 어플리케이션 수준의 통합이라면 분산 객체 시스템을 적용한 방법이 있을 것이다. 데이터 및 시스템의 통합 문제는 이미 정보 시스템(information system) 분야에서 미디어데이터(mediator)라는 미들웨어의 도입으로 이미 많은 연구

표 2 DC, KEM, LOM 메타데이터 형식 비교

요소명	DC	KEM	LOM
표제	title	title	general.title
저자	creator	creator	lifecycle.contribute
주제	subject	subject	general.keywords classification.keywords
개요	description	description	general.description
발행처	publisher	publisher	lifecycle.contribute
기여자	contributor	contributor	lifecycle.contribute
날자	date	date	lifecycle.contribute.date
자료유형	type	type	educational.learningresourcetype
자료형태	format	format	technical.format
접근정보	identifier	identifier	general.identifier
정보원	source	source	relation.resource
언어	language	language	general.language
내용범위	coverage	coverage	general.coverage
관련자료	relation	relation	relation.kind
교과목	.	learningArea	.
저작권	rights	right	rights.description
이용대상자	DCED.audience	audience	educational.typicalagerange
주석	.	annotation	annotation.*
교수방법	GEM.pedagogy	pedagogy	.
메타데이터	.	metaMetadata	metametadata.catalogentry
학습시간	.	typicalLearning Time	educational.typicallearningtime
상호작용유형	.	interActivityType	educational.interactivitytype
상호작용수준	.	interActivityLevel	educational.interactivitylevel

와 사례들이 있다[30-32]. 또한 학습 자료를 통합하기 위한 연구 역시 ARIADNE, Cuber, Edan Portal, GEM 등에서도 시도되었다[33-36].

온톨로지를 통합의 도구(스키마)로 이용하게 된다면 단순히 자료를 공유하여 통합할 수 있는 기능만을 제공하는 것이 아니라, 그에 관련된 연관 정보를 제공하는 것과 같은 좀 더 차별화된 정보를 제공할 수 있을 것이다. 물론 이 문제는 단순히 서로 다른 메타데이터를 매핑(mapping)하는데 그치지 않고, 메타데이터끼리의 정보를 온톨로지에 표현해 주고, 로직을 만들어 줌으로써 가능할 것이다.

표 2는 현재 국내에서 가장 많이 사용되는 학습 객체 메타데이터 세 개의 모델 요소를 서로 비교한 것이다. DC에서 선언된 요소들이 KEM 모델에서 그대로 사용되는 경우가 많기 때문에, 동일한 요소 이름을 사용하는 경우도 있지만 “저자”를 표현하는 메타데이터 요소는 DC와 KEM의 경우에는 같은 요소(클래스)인 “creator”를 사용하지만, LOM에서는 전혀 다른 용어인 “contribute”를 사용하고 있다. 이런 경우에는 두 개의 서로 다른 요소를 같은 의미로 매핑시켜 주어야 한다[15].

그림 7은 세 개의 메타데이터를 통합하기 위해 만들어진 온톨로지를 Protégé2000을 이용하여 각 요소를 클래스로 정의해 설계한 모습이다.

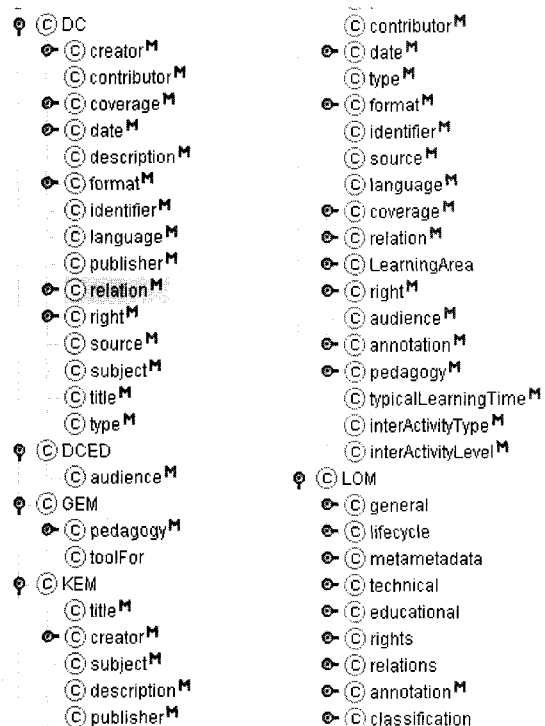


그림 7 온톨로지의 설계

4. 결론

지식의 표현, 처리, 추론 등 컴퓨터가 처음 생겨났을

때의 연구자들은 지금과 같은 현실을 상상해 보았을까 하는 의구심이 생긴다. 단순히 덧셈과 뺄셈을 빨리하는 기계에게 인간의 영역인 지식을 심어준다는 꿈으로 인해 AI가 한 때 컴퓨터 연구 분야를 점령하기도 했었다. 그 꿈은 한 두 세대를 거쳐 다시 우리들의 연구 주제로 부상하였다. 이번에는 어떨까?

현재로는 AI가 흥미했던 시대에 이루어 놓았던 많은 시도들(지식의 표현, 처리, 추론 등)을 웹 기반, 특히 XML을 기반으로 하는 Semantic Web에 적용하는 단계에 있다. 표준화된 인터페이스인 웹과 XML 기술로 인해 이전의 시대보다 훨씬 더 큰 연구의 효과를 기대하고 있는 것이 대부분 연구자들의 견해이다. 이러한 연구들로 인해 우리들도 가까운 미래에 컴퓨터로부터 좀 더 의미있고, 차별화된 서비스를 받을 수 있게 될 것이다. 이는 웹기반의 교수·학습 시스템에서도 예외는 아니라고 생각된다.

이와 함께 교육 시스템은 기술적 접근과 더불어 교육학적 접근이 병행되어야만 많은 시행착오를 줄일 수 있을 것이기 때문에, 이에 관련된 연구들 또한 중요한 문제이기도 하다.

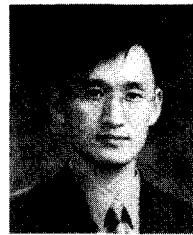
참고문헌

- [1] 한국전산원, "2004 한국인터넷 백서", 2004.
- [2] D. A. Wiley II, "Connecting learning objects to instructional design theory," <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>.
- [3] D. A. Wiley II, "Learning object design and sequencing theory", Brigham Young Univ., 2000.
- [4] Dublin Core Metadata Initiative, <<http://dublincore.org>>.
- [5] IEEE LTSC WG12, <<http://ltsc.ieee.org/wg12>>.
- [6] IMS Global Learning Consortium, <<http://www.imsproject.org>>.
- [7] Advanced Distributed Learning, <<http://www.adlnet.org>>.
- [8] 한국교육학술정보원, "국가 표준 교육정보 메타데이터 형식 개발 연구", 2001.
- [9] Chinese E-Learning Technology Standardization Committee, <<http://www.celtsc.edu.cn>>.
- [10] eduSource Canada, <<http://edusource.net/tera.ca>>.
- [11] Xin Xiang, et. al., "Introduction of the Core Elements Set in Localized LOM Model", IEEE Learning Technology Newsletter, 5(1), pp.19-19, 2003.
- [12] WebOpedia's repository, <<http://www.webopedia.com/TERM/r/repository.html>>.
- [13] 에듀넷, <<http://www.edunet4u.net>>.
- [14] 한국교육과정평가원 교수학습개발센터, <<http://classroom.kice.re.kr/kice/index.jsp>>.
- [15] 최현중, 김태영, "Ontology를 이용한 이중 메타데이터 검색 시스템의 설계 및 구현", 한국정보교육학회 제8권 제3호 (게재 예정), 2004.
- [16] Ronald Bourret, "XML Databases Products," <<http://www.rpbouret.com/xml/XMLDatabaseProds.htm>>.
- [17] XML Path Language, <<http://www.w3.org/TR/xpath>>.
- [18] XML Query Language, <<http://www.w3.org/TR/xquery>>.
- [19] RDQL - A Query Language for RDF, <<http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-RDQL-20040109>>.
- [20] 최현중, 김태영, "CORBA를 이용한 학교간 분산 데이터베이스 프로토타입 시스템의 설계 및 구현", 한국컴퓨터교육학회 논문지 제4권 제1호, pp. 145-152, 2001.
- [21] 최현중, "DBMS의 웹서비스를 이용한 학습 객체 메타데이터 추출 및 통합에 관한 연구", 한국정보교육학회 논문지 제7권 제2호, pp.199-206, 2003.
- [22] 최현중, 황성욱, 김태영, "XML 웹서비스와 JDBC를 이용한 분산 메타데이터 검색 시스템의 설계 및 구현", 한국컴퓨터교육학회 논문지 제7권 2호, pp.25-34, 2004.
- [23] IEEE P1484.1/D9, 2001-11-30, "Draft Standard for Learning Technology - Learning Technology Systems Architecture (LTSA)," <<http://ltsc.ieee.org/wg12>>.
- [24] 김용세, 이승영, "시각적 추론 지능형 학습시스템의 학습자 모델링", HCI 2004, pp. 439-444, 2004.
- [25] Hsiao-Mei Huang and Cheng-Hang Wu, "Applying Data Mining in E-learning Environment," IEEE Learning Technology Newsletter, 6(2), pp.31-32, 2004.

- [26] M. C. Daconta, L. J. Obrst and K. T. Smith, "The Semantic Web," pp. 51-55, Wiley, 2003.
- [27] M. D. Merrill, "Knowledge Objects and Metal-Models," <<http://reusability.org>>.
- [28] Tim Berners-Lee, "Semantic Web-XML" <<http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xm12k-tbl>>.
- [29] Nicola Henze and Wolfgang Nejdl, "Logically Characterizing Adaptive Educational Hypermedia Systems," Proceeding of the AH2003, pp. 15-28, 2003.
- [30] Erik Duval et al., "The Ariadne knowledge pool system." Communications of the ACM, 44(5), pp. 73-78, 2001.
- [31] S. Guth, et al., "UNIVERSAL-Design spaces for learning media," In R. H. Sprague (Ed.), Poceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, USA, IEEE, 2001.
- [32] Matti Hamalainen et al., "Electronic markets for learning: education brokerage on the Internet." Communications of the ACM, 39(6), pp.51-58, 1996.
- [33] ARIADNE's knowledge pool system, <<http://www.ariadne-eu.org>>.

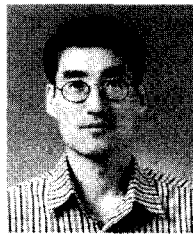
- [34] Cuber <<http://www.cuber.net>>.
- [35] the Edna Portal <<http://www.edna.edu.au>>.
- [36] Gateway to Educational Material, <<http://www.thegateway.org>>.

최 현 중



1993 공주교육대학교 수학교육학과(교육학학사)
 2001 한국교원대학교컴퓨터교육과(교육학석사)
 2002~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
 2002~현재 한국교원대학교, 공주대학교 강사
 관심분야: 컴퓨터교육, Semantic Web, 분산시스템
 E-mail: blueand@blue.knue.ac.kr

김 태 영



1985 한양대학교 산업공학과(공학사)
 1990 Texas A&M University 컴퓨터 과학과(공학석사)
 1994 Texas A&M University 컴퓨터 과학과(공학박사)
 1994 삼성 SDS(주) 정보기술 연구소 선임연구원
 1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 부교수
 관심분야: 데이터베이스, 컴퓨터교육, 데이터통신
 E-mail: tykim@knue.ac.kr

• The 2nd ASIAN Symposium on Programming Languages and Systems(APLAS 2004) •

- 일 자 : 2004년 11월 4~6일
- 장 소 : 타이페이
- 주 최 : 프로그래밍언어연구회
- 상세안내 : <http://www.comp.nus.edu.sg/~aplas>