The Journal of Korean
Institute of CALS/EC
Vol. 6, No. 3, Dec. 2001

e-Learning을 위한 사례 마크업 언어 기반 에이전트 시스템의 설계 및 구현
:사례 기반 학습자 모델을 중심으로

한선관*, 윤정섭*, 조근식**

Design and Implementation of Agent Systems based on Case Markup Language for e-Leaning

Han Sun-Gwan, Yoon Jung-Seop, Jo Geun-Sik

Abstract

The construction of the students knowledge in e-Learning systems, namely the student modeling, is a core component used to develop e-Learning systems. However, existing e-Learning systems have many problems to share the knowledge in a heterogeneous student model and a distributed knowledge base. Because the methods of the knowledge representation are different in each e-Learning systems, the accumulated knowledge cannot be used or shared without a great deal of difficulty. In order to share this knowledge, existing systems must reconstruct the knowledge bases. Consequently, we propose a new a Case Markup Language based on XML in order to overcome these problems. A distributed e-Learning systems can have the advantage of easily sharing and managing the heterogeneous knowledge base proposed by CaseML. Moreover students can generate and share a case knowledge to use the communication protocol of agents. In this paper, we have designed and developed a CaseML by using a knowledge markup language. Furthermore, in order to construct an intelligent e-Learning systems, we have done our research based on the design and development of the intelligent agent system by using CaseML.

***Key Word**: e-Leaning, Case-Based Reasoning, Case-based Markup Language, Intelligent Agent, Student Model*

* 인하대학교 컴퓨터공학과
** 인하대학교 컴퓨터공학과 정교수

1. 서 론

정보기술은 비즈니스를 혁명적으로 변화시켰고, 이제 교육에도 디지털 혁명의 영향력이 반향을 일으키고 있다. 차세대 인터넷 비즈니스에서 폭발적인 성장과 수익성에 대한 기대로 가장 활발하게 거론되는 분야는 e-Learning이다. e-Learning으로 대변되는 교육의 변화는 교육환경의 기술뿐만 아니라 패러다임 자체를 바꾸어 놓고 있다. 이러한 e-Learning 시스템은 효과적인 교육을 수행하기 위하여 다양한 지식관리를 요구하고 있다.

e-Learning 시스템에서 지식관리는 학습자에 관한 지식, 교수-학습과정에 관한 지식, 학습 컨텐츠에 관한 지식, 시스템 관리에 관한 지식으로 구분된다. 특히 학습자 지식은 개개인의 기초 정보로부터 학습과 관련된 지식, 학습 중의 지식 변화 그리고 협력 학습을 위한 그룹 지식을 표현한다. 이러한 학습자의 지식 베이스를 구축하는 것을 학습자 모델링이라고 하며 지능적인 e-Learning 시스템을 구축하기 위한 기본이 된다[8]. 이러한 학습자 모델은 협력 학습을 위한 e-Learning 시스템에서 새로운 문제를 초래하게 되었다. 즉, 다양한 학습자가 공동의 학습 공간에서 다양한 교수 매체를 통하여 학습 시너지를 얻고자 하는 e-Learning 시스템은 다양한 학습자와 학습 정보들이 서로 공유되어야 하는 것을 전제로 하고 있다. 그러나 기존 e-Learning 시스템은 학습 지식이 이질적이고 분산되어 있어 지식 베이스를 공유하기 위해서는 일부 제한적으로 이용되거나 지식 베이스 전체를 재작성해야 하는 등의 문제를 가지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 eXtensible Markup Language(XML)기반의 Knowledge Markup Language(KML)를 이용할 수 있는데 이를 통해 지식을 표현하게 되면 이질 분산 환경에서의 학습 지식 베이스를 공유할 수 있는 용이한 장점을 가진다. 특히 학습자 모델을 사례기반 지식으로 표현함으로써 지식의 추론과 기계학습을 용이하게 할 수 있으며 다양한 학습자의 다양한 지식을 이형 분산 환경의 e-Learning 시스템에서 손쉽게 공유하여 협력 학습을 효율적으로 수행할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 지능적인 학습을 하기 위한 사례기반 지식 설계 방법을 살펴보고 학습자 모델을 사례 기반 지식을 이용하여 구축한다. 또한 사례기반 학습자 지식을 공유하기 위한 XML기반의 사례지식 표현 언어인 Case Markup Language (CaseML)를 정의하고, e-Learning 시스템에 맞도록 설계, 구현한다. 마지막으로 분산 이질적인 지식 베이스를 연결하기 위한 지능형 에이전트의 프로토타입을 적용한 효율적인 e-Learning 시스템을 설계, 구현하였다. 마지막으로 실험을 통하여 본 연구에서 제안된 분산 e-Learning 시스템에 생성되는 사례 지식의 공유 및 생성 지식의 우수함을 보였다.

2. 사례기반 추론과 XML 기반 지식 마크업 언어

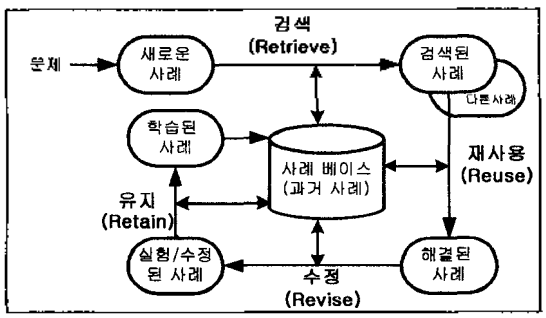
2.1 사례 기반 추론

e-Learning 시스템의 지식 관리 중 가장 중요하게 작성되어야 할 부분은 학습자에 관한 지식의 구축 즉, 학습자 모델링에 관한 것

이다. 학습자 모델링은 지능적인 e-Learning 시스템의 핵심 부분이 되며, 이에 따라 교수-학습 방법 결정, 적응형 컨텐츠 제공, 학습자 진단 및 평가, 다른 시스템과의 통합 등의 특성을 좌우한다[15]. 이러한 학습자 모델을 구축하기 위해서는 학습자 지식을 표현하는 방법이 중요한데 가장 일반적으로 사용하는 방법은 생성 시스템(Production System)을 이용한다[17]. 그러나 생성시스템에 의한 학습자 모델링은 지식의 획득의 어려움과 지식의 유지보수 즉, 기계학습에 있어서 많은 문제를 가지고 있다. 이에 대한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 사례기반 추론(Case-Based Reasoning, CBR) 방법을 이용하며, 이러한 시스템의 지식 표현은 추론방법 및 기계학습을 매우 용이하게 수행한다[6].

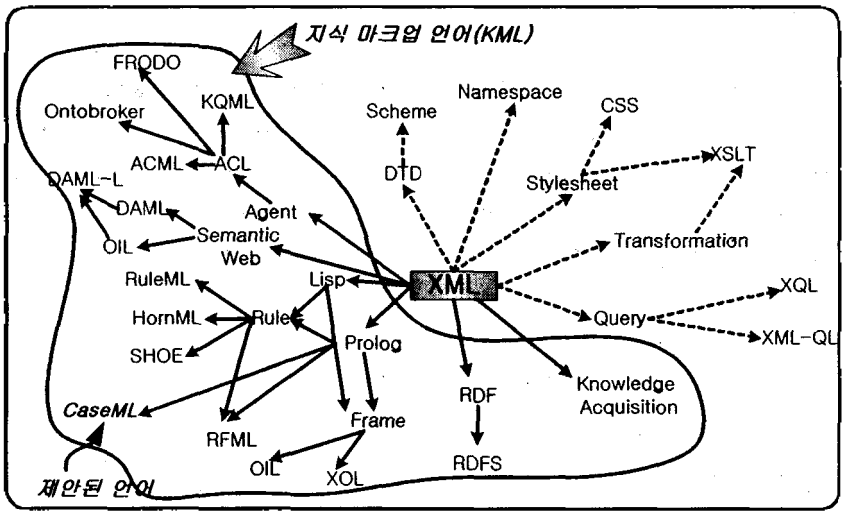
사례 기반 추론은 기존 기억 장치에 구축되어 있는 사례에서 현재의 문제와 유사한 과거의 사례를 찾고 과거의 사례와 현재의 사례들 간의 차이점을 분석하여 과거의 문제 해법을 현재의 문제에 맞게 수정하여 문제를 풀어가는 방법이다[5][12]. 사례 기반 추론의 기본 아이디어는 과거의 문제를 해결하기 위해 사용한 해법을 수정하여 새로운 문제의 해결에 사용한다는 것인데, 이와 같이 문제 해결과정의 재사용을 통하여 자동적인 학습을 수행 할 수 있다. 특히, 지식을 사례의 형태로 저장하기 때문에 기존의 인공지능 기법의 문제점으로 지적되어 오던 지식 획득 병목 현상의 문제를 완화할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 사례기반 추론은 <그림 1>과 같이 4단계의 순환 과정(*4REs Cycle*)을 통해 이루어진다[1].

- 검색(RETRIEVE) 단계: 새로운 사례와 가장 유사한 사례 혹은 사례들의 집합을 검색함
- 재사용(REUSE) 단계: 검색된 사례의 정보와 지식(해결 방법)을 사용함
- 수정(REVISE) 단계: 재사용단계에서 사용된 해가 입력 문제에 적합치 않을 경우 발생한 실패로부터 학습을 함
- 유지(RETAIN) 단계: 차후의 새로운 문제에 대처하기 위해 유용한 문제 풀이 사례를 유지 보존함



<그림 1> 4단계의 순환 과정(*4REs Cycle*)

사례 기반 추론의 방법을 응용하여 인지 상태의 추론이나 훈련 및 교수의 목적으로 많은 연구가 진행되고 있다. Williams는 학습자가 문제를 푼 뒤 교정과 평가 과정을 사례 기반 추론을 이용하여 학습에 적용하였다[16]. 또한 Schank는 사례의 획득을 통하여 새로운 교육과정을 설계하기 위하여 목표기반 시나리오라는 학습 기법을 제안하였다[5]. 이 방법은 다양한 학습자의 풍부한 사례를 통하여 새로운 학습자들이 자신의 능력에 맞게 학습을 지원하기 위한 e-Learning 시스템에 적합한 방법이다. Kolodner는 기초 학습을 가르치기 위한 지식 표현의 개념 부분을 사례라고 표현하여 지능형 교수 시스템에의 응용을 제시하였다[12].



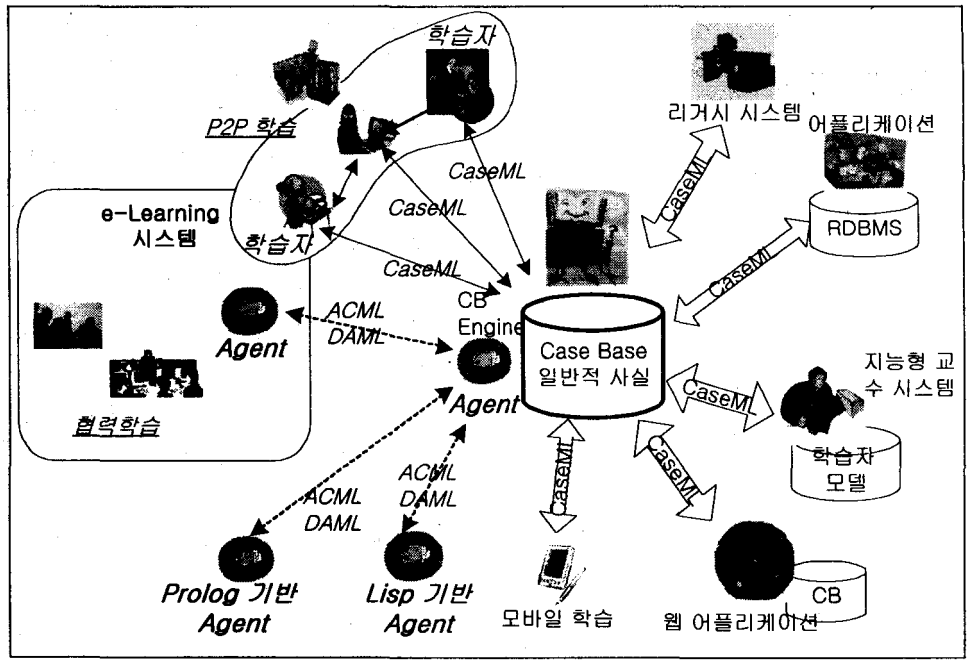
<그림 2> XML-기반 지식 마크업 언어의 연구 동향

2.2 XML 기반 지식 마크업 언어

기존의 HTML은 분산된 웹 환경에서 데이터 또는 정보 관리 측면을 강조한데 반하여 XML기반의 마크업 언어들은 지식 관리의 관점에서 웹을 확장하고 있다. XML은 데이터에 구조를 부여함으로써 정보를 손쉽게 액세스할 수 있는 기술로서, 특히 지식을 다루기 위한 XML기반 마크업 언어를 지식 마크업 언어라고 한다[14]. 기존 분산환경의 자료나 정보들을 지식화 함으로써 다양한 응용분야에 접목시킬 수 있을 뿐더러 적은 비용으로 기존의 이형적이고 분산된 시스템의 정보와 지식 베이스를 공유할 수 있다. 현재 많은 XML기반의 KML이 기존 인공지능 기술과 접목하여 지능적인 네트워크 환경을 구축하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다[11].

<그림 2>는 인공지능의 지식 표현방법(규칙, 프레임, 논리식 등)과 XML(스키마, RDF 등)의 결합을 통해 지식베이스를 분산환경에서 관리할 수 있는 연구 사례를 도식화한 것이다[14]. 지식 표현을 위한 XML의 일반적인 장점은 표준화된 웹 상의 데이터를 자기 자신이 기술할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 분야에서 구조화된 자료와 지식을 교환할 수 있다. 또한 다른 자원으로부터 정보를 통합할 수 있다. 새롭게 제안되는 KML은 이러한 XML의 장점을 가질 뿐만 아니라 웹 상의 지식 베이스를 구축하는데 확실한 인프라가 된다. 즉 지식 베이스에서 직접 불러오거나 저장이 가능하며 다른 인공지능 언어간의 지식 베이스를 교환할 수 있어 인공지능을 위한 프로그래밍 언어 소스를 다양한 웹 자원으로 변환할 수 있다.

지능형 Agent와 관련된 XML기반 KML에 관한 연구는 주로 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)와 인공지능 관련 연구실과 대학에서 진행되고 있다[2][11]. 관련된 연구를 보면 크게 Rule Markup Language



<그림 3> e-Learning 시스템에서 KML을 이용했을 때 이점

(RuleML), DARPA Agent Markup Language (DAML), Semantic Web을 위한 Markup Language로 진행되고 있다[14].

2.3 지식 마크업 언어와 e-Learning

이러한 지식 기반 마크업 언어는 기존의 지식 기반 시스템에 적용되었을 때 다양한 이점을 제공할 수 있으며, 특히 e-Learning 시스템에 적용했을 때 많은 장점을 지원한다. <그림 3>은 지식 마크업 언어를 e-Learning 환경에 적용했을 때의 장점을 도식화 한 것이다.

- 시스템과 학습 변동시 학습자의 지식 변환 및 수정, 적용이 용이하다.
- 다른 시스템과의 아웃소싱을 위한 컨텐츠 개발, 학습자의 정보를 그대로 수용 가능하다.
- 기존에 구축된 리거시(Legacy) 시스템과 그대로 연동 가능하다.
- 다른 e-Learning 시스템의 정보를 그대로 이용하여 다양한 학습이 가능하다.
- 에이전트에 의해 다양한 학습자끼리 협력 학습이나 협력작업이 가능하다.
- 기존의 자료를 토대로 동질의 학습자끼리 P2P학습을 주관하거나 참여하여 학습을 할 수 있다.
- 기업 학습에서 기업 컴퓨터와 연동 하여 학습자 학습 지식 수용 및 적용, 평가할 수 있다.
- 다른 지식 처리 언어와 혼합하여 더욱 성능이 좋은 학습 시스템 구현 가능하다.

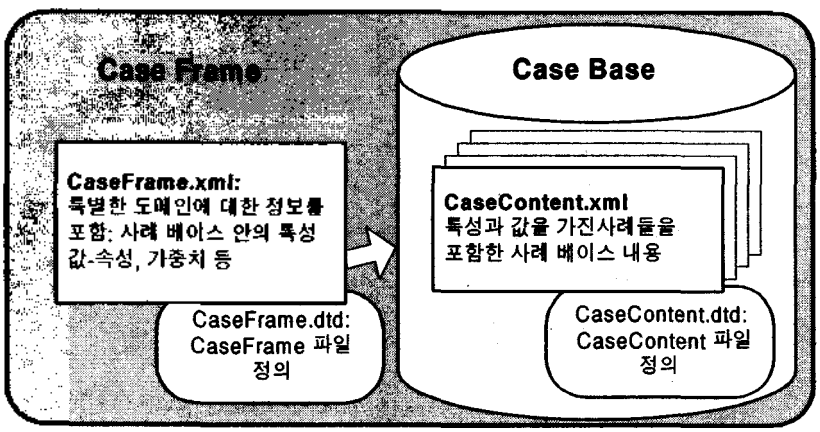
3. 사례 기반 마크업 언어 (CaseML)의 정의 및 설계

이 장에서 우리는 XML 기반의 사례 정의 언어 즉, 사례 기반 마크업 언어에 대해 기술한다. 기존 사례 기반 정의 언어에 관한 연구는 Hayes와 Doyle[7][9]에 의해 시도되었으나 웹 기반이 아닌 자체 어플리케이션의 사례를 표현하기 위한 언어를 정의하여 사용하였으며, 다른 시스템과의 공유를 위하여 사용하기는 미흡한 부분을 내포하고 있다. 또한 학습을 위한 e-Learning 시스템에서의 응용이 미흡한 실정이다.

XML은 특별한 도메인을 위한 메타-데이터 기술과 이러한 포맷에 의해 표기된 자료를 해석할 수 있도록 응용을 지원하기 위한 기술 언어이다. 메타-데이터 기술은 문서의 의미를 나타내기 위한 DTD (Document Type Definition)를 사용한다[3]. 우리는 XML 기반 형식의 사례를 표현할 수 있는 일반적인 DTD 즉, CaseML을 제안한다. 본 연구에서 사례를 XML로 표현하기 위해서 4가지 파일을 설계하였다. 사례의 구조를 표현하기 위한 CaseFrame.xml 파일과 CaseFrame의 문서 구조를 정의하기 위한 CaseFrame.dtd 그리고 CaseBase의 컨텐츠 내용을 포함한 CaseContent.xml과 문서 구조를 정의하기 위한 CaseContent.dtd로 구성된다. <그림 4>에서 이 4가지 파일의 관계와 구조를 자세하게 나타내 준다.

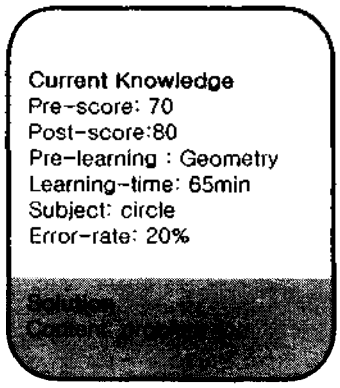
설계된 4가지의 파일을 쉽게 설명하기 위하여 <그림 5>와 같이 사례에 대한 구조와 내용을 나타냈으며, <표 1>은 기존 사례를 통하여 새로운 학습자에게 적절한 학습 컨텐츠를 제공하기 위한 추론의 예를 나타낸다. 새로운 학습 사례가 발생하면 기존의 learning1 사례와 learning2 사례에서 유사도를 비교하여 problem유형을 제시할 수 있다.

첫 번째 파일인 CaseFrame.xml은 사례 베이스의 특성에 대한 정보 즉, 타입의 제약 사항, 가중치 등의 정보를 포함하고 있다. 아래의 XML 파일은 CaseML에 표기된 학습자 모



<그림 4> CaseML의 문서 구조 표현

델의 3가지 특성을 보여주는 CaseFrame.xml 이다.



<그림 5>학습자 사례 표현

<표 1> 새로운 학습을 위한 사례 추론 테이블의 예

Feature	learning1	learning2	New Case
Pre-score	70	60	70
Post-score	80	80	-
Pre-learning	Geometry	Geometry	-
Learning-time	65min	120min	90min
Subject	circle	square	square
Error-rate	20%	24%	18%
Solution	problem 4	problem 5	?

CaseFrame.xml

```
<?XML version="1.0"?>
<!DOCTYPE casedomdef SYSTEM "CaseFrame.dtd">
...
<slotdef name = "Post-score">
<type kind="integer"/>
<range>
<interval><start value="0"/><finish value="100"/></interval>
</range>
</slotdef>
<slotdef name = "Pre-learning">
<type kind="symbol">
<range><enumeration>Set Logic Proposition Number Equation Geometry Function Algebra Trigonometric Differential Integral Matrix Vector Limit Probability Statistics
</enumeration>
</range>
</type>
</slotdef>
<slotdef name = "Learning-time">
<type kind="integer">
</type>
</slotdef>
...
</casedomdef>
```

파일 안의 1~2행은 XML의 버전이 1.0 임을 나타내고, DTD는 CaseFrame.dtd라는 파일에 정의되어 있다는 것을 나타낸다. 각 사례의 속성은 <slotdef> 태그로 나타내며 각 속성에 대한 값은 값의 형식에 따라 <type>태그로 선언하여 값의 종류를 구분하였으며 그 값에 따라 값의 범위를 <range>로 구분하였으며 <enumeration>, <interval> 태그를 이용하여 값의 범위를 명확하게 구분하였다. <interval> 태그 안의 내용은 학습자의 평가 점수 0~100 사이의 점수를 나타내며, <enumeration>태그 안의 심벌들은 학습자가 사전에 학습한 수학의 한 영역을 나타낸다.

이러한 태그들은 다음의 CaseFrame.dtd 파일인 DTD에 정의되어 있다. 모든 DTD의 내용에 대한 기술은 중복되므로 생략하였다.

CaseFrame.dtd

```
:
<!ELEMENT slotdef (type, weight?, constraint?)>
# weight 태그와 constraint 태그는 둘 다 선택사항이다.
<!ATTLIST slotdef name ID #REQUIRED>
<!ELEMENT type (range?)>
```

```
# type은 선택적인 range 태그로 구성되었다.
# type은 "kind" 속성을 가진다
<!ATTLIST type kind (integer|symbol|
ordered_symbol|string|real) "symbol">
:
<!ELEMENT enumeration (#PCDATA)>
:
```

다음 파일은 CaseContent.xml의 일부분을 나타낸 예제이다. DTD는 매우 간단하기 때문에 CaseContent.xml 파일에 삽입하여 표현하였으며 3행~8행의 내용이 그것을 나타낸다. 사례의 내용은 많은 사례들을 포함할 수 있으나 한가지의 사례만을 예로 나타낸다.

CaseContent.xml

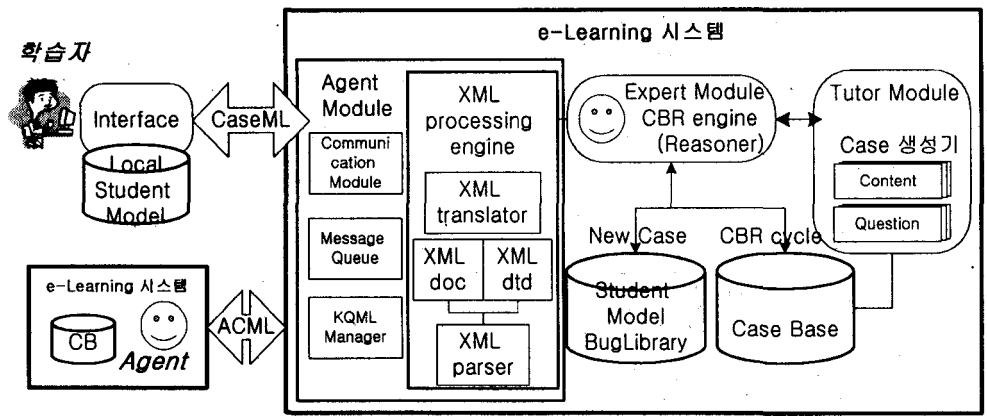
```
<?XML VERSION="1.0"?>
<!DOCTYPE cases [<!ELEMENT cases
(casedef+)>
# CaseContent.dtd 내용을 XML파일에 인코딩하
였다.
<!ELEMENT casedef (attributes, solution)>
<!ATTLIST casedef casename ID
#REQUIRED>
<!ELEMENT attributes (attribute+)>
<!ELEMENT attribute (#PCDATA)>
<!ATTLIST attribute name CDATA
#REQUIRED>
<!ELEMENT solution (#PCDATA)> ]>
<cases>
<casedef casename="n1">          # 사례 1
<attributes>
<attribute name="Pre-score">70</attribute>
<attribute name="Post-score">80</attribute>
<attribute name="Pre-learning">Geometry</attribute>
<attribute name="Learning-time">65min</attribute>
<attribute name="Subject">Circle</attribute>
<attribute name="Error-rate">20%</attribute>
</attributes>
<solution>problem 4 </solution>
</casedef>
...
</cases>
```

4. e-Learning을 위한 에이전트 시스템의 설계

4.1 시스템의 전체 구조

본 연구에서 설계된 사례기반 학습자 지식 추론을 위한 e-Learning 시스템은 3부분으로 구성되어 있다. 전통적인 지능형 교수 시스템과 학습자 인터페이스 부분, 그리고 사례 지식을 공유하기 위한 에이전트 모듈로 나누어진다. 전통적인 지능형 교수 시스템은 학습자 모듈과 전문가 모듈, 교수학습 모듈로 구성되어 있으며, 학습자 모듈에 기존 버그 라이브러리 모델 이외에 사례 베이스가 추가되었다. 사례 베이스는 다양한 학습자에 대한 사례들이 저장되어 있으며, 새로운 학습자가 학습을 할 경우 그 학습자와 유사한 사례 즉, 유사한 학습 능력이나 학습 수준을 가진 기존의 학습자 사례를 토대로 적절한 학습 컨텐츠를 제시하거나 학습 방법 및 전략을 위해 사용된다. 전문가 모듈은 CBR 엔진을 가지고 있어 협력학습을 위한 학습자 매칭과 교수 모듈에서 적절한 학습 컨텐츠를 제공하거나 학습 전략을 학습자에게 제공하는 역할을 한다. 학습자 인터페이스 부분은 부분적인 학습자 지식을 저장하기 위한 로컬 학습자 모델과 e-Leaning 시스템과의 상호작용을 위한 인터페이스 모듈, 그리고 사례변환기를 가지고 있다.

에이전트 모듈에 포함된 XML처리 엔진은 이미 기술된 CaseFrame.xml, Case Content.

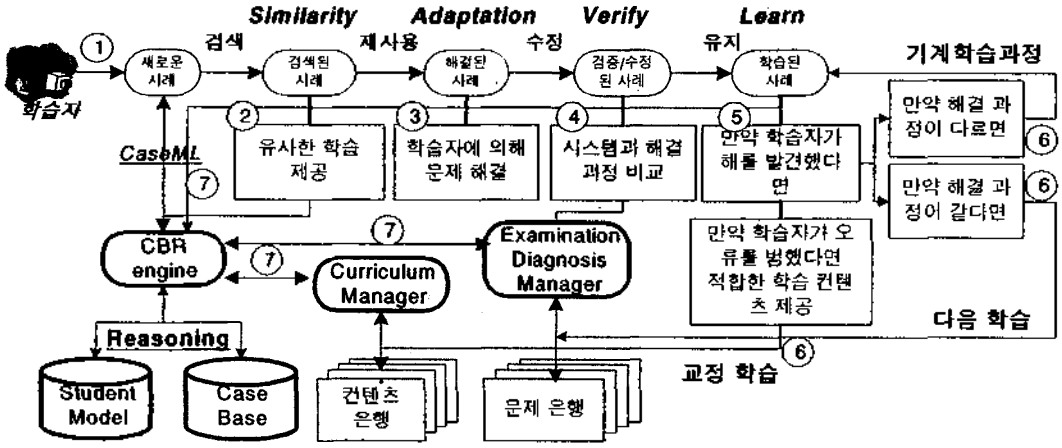


<그림 6> 사례 기반 자능형 e-Learning 시스템

xml, CaseFrame.dtd, CaseContent .dtd, 그리고 에이전트와 상호 통신하기 위해 ACML (Agent Communication Markup Language)로 표현된 fifa_acl.xml과 fifa_acl.dtd 파일을 포함하고 있으며, Case와 KQML(Knowledge Query and Manipulation Language) 메시지를 분석할 XML parser와 변환기를 가지고 있다. 전체적인 구조는 <그림 6>과 같으며, 본 연구에서는 에이전트 모듈과 Case 생성기를 구현한다.

4.2 사례 지식의 처리 모듈 설계

학습자의 지식이 사례 베이스와 학습자 모듈에서 처리되는 과정은 <그림 7>과 같다. 학습자가 학습을 시작하면 기존 학습자 모델에 있는 학습자 정보를 추출하여 새로운 사례로 변환한다. 이때 학습자의 정보는 기초 자료와 이전 학습 상황을 토대로 구성되며 현재 학습자와 사례가 가장 유사한 학습자 정보를 사례 베이스에서 추출한다. 가장 유사한 학습자의 학습 기록을 토대로 새로운 학습자의 학습을 추천한다. 즉 새로운 학습자에게 가장 적절한 학습 컨텐츠 또는 문항을 제공한다. 본 연구에서는 학습 컨텐츠라기보다는 문제 은행에 있는 문항들로 보는 것이 옳다. 적절한 학습 문항을 제시받으면 학습자의 학습이 시작된다. 학습자는 문항에서 제시하는 과정대로 문항을 해결한 후 정답을 입력한다. 시스템은 전송 받은 결과를 토대로 학습자의 지식을 추론한다. 가장 먼저 시스템은 학습자의 정답을 확인한다. 첫 번째로 틀린 경우 사례 베이스와 문제 은행에서 제시되었던 문항과 가장 유사한 문항을 추출하여 다시 학습자에게 제시한다. 이 과정에서 학습자의 지식 상태를 진단하게 된다. 진단된 결과는 학습자 모델에 학습자 정보와 버그로 저장하게 된다. 두 번째로 정답이 맞은 경우 시스템에 미리 작성된 해결 과정과 비교하여 같은(정확하게는 유사성이 가장 높은) 경우에는 학습자가 문제를 옳게 이해하고 있다고 판단하며 학습자 모델에 저장하게 된다. 만약 시스템의 해결과정과 상이하게 틀린 경우 문제 해결의 새로운 사례로 판단하여 기존 문제은행과 문제 해결 사례에 추가하게 된



<그림 7> 사례 기반 학습자 모델링 과정

다. 이 과정을 사례 기반 추론 방식에서 기계학습 과정이라고 한다. 사례 기반 학습자 모델링의 과정은 CBR 순환(4REs Cycle)과 동일하다.

분산 환경의 경우 이러한 CBR을 통해 수많은 해결 방법과 사례들을 수집할 수 있다. 분산 환경에서 수집되는 경우 CaseML을 이용하여 기존 지식 기반 시스템의 지식 베이스가 다르게 구성이 되어 있어도 쉽게 공유할 수 있게 된다. 이러한 과정을 지속적으로 순환하는 것은 CBR의 사이클 모형을 따르게 되며 더욱 지능적인 e-Learning 시스템을 구현할 수 있다.

4.3 에이전트간 통신 모듈 설계

분산된 e-Learning 시스템의 학습자 모델과 같은 지식을 처리하기 위하여 멀티 에이전트 기술이 필요하며 이러한 에이전트가 협력적으로 정보를 공유하기 위해서는 표준화된 통신 프로토콜이 필요하다. 전통적인 에이전트 간 통신 언어는 FIPA ACL이다. FIPA ACL 메시지는 Lisp 언어와 유사하게 표기되며, 그에가 아래에 제시되어 있다. XML을 이용하여 FIPA ACL 메시지를 부호화 한 것을 에이전트 통신 마크업 언어(ACML)라고 부르며 다음과 같은 장점을 지닌다.

- XML로 인코딩된 경우 파서 개발이 용이하며 새로운 ACL 구문이 추가되거나 변경되어도 쉽게 이를 지원할 수 있다.
- ACL의 XML화는 에이전트를 좀 더 웹 환경과 친숙하게 만들어, 웹 기술과 인공지능의 결합을 용이하게 한다.
- XML의 링크 기능을 이용하면 ACL 메시지의 "content"에 사용되는 온톨로지를 공유하기 쉽게 해준다. 온톨로지를 단순히 명시하는 것이 아니라 온톨로지가 정의된 곳을 링크 하게 되면 여러 에이전트들이 온톨로지를 쉽게 공유할 수 있다.
- 링크 기능은 위에 기술한 것 이외에도 다양한 형태로 이용될 수 있다. 메시지의

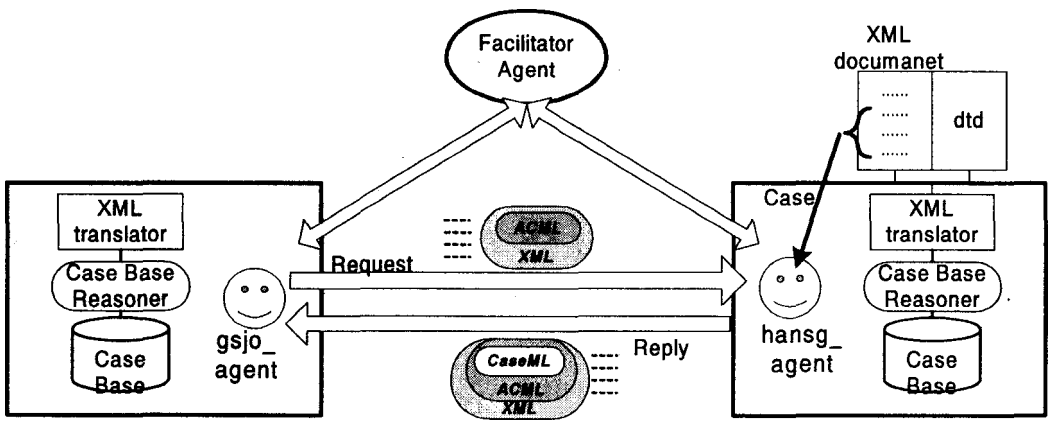
"Sender:"를 그 에이전트의 정보가 있는 파일의 위치를 링크 하게 되면 수신자는 송신자를 더 잘 이해하게 된다.

- 내용계층을 XML로 인코딩 하였을 경우 XML은 HTML과 달리 내용중심으로서 뷰가 분리되어 있어 여러 가지 형태로 디스플레이가 가능하다.

ACML 파일은 에이전트에게 전송되기 위하여 CaseML에 포함된 ACL 메시지에 의해 표현된다. 아래의 두 가지 내용은 FIPA ACL 메시지 원본인 KQML과 XML로 인코딩 된 ACML 메시지를 나타낸다. <그림 8>은 CaseML과 ACML을 이용한 에이전트간의 사례 공유 모델을 나타낸다. e-Learning 시스템은 이러한 ACML과 CaseML에 의하여 분산된 지식의 정보를 교환하거나 공유할 수 있다.

아래 메시지는 KQML 메시지(FIPA ACL)의 예를 나타낸다. hansg_agent가 gsjo_agent에게 수학에 관련된 새로운 사례 지식을 CaseML 언어를 통하여 content:내부에 포함하여 그 내용을 통지하는 내용이다.

```
(inform
  :sender hansg_agent
  :receiver gsjo_agent
  :ontology mathematic
  :language CaseML
  :content (<?XML VERSION="1.0"?>
    <!DOCTYPE cases [<!ELEMENT cases
    (casedef+)>
    <cases>
    <casedef casename="n1">
    <attributes>
    < a t t r i b u t e
    name="Pre-score">70</attribute>
    <attribute name="Post-score">80
    </attribute>
    <attribute name="Pre-learning"> Geometry
    </attribute>
    <attribute name="Learning-time">65min
    </attribute>
    <attribute name="Subject">Circle
    </attribute>
    <attribute name="Error-rate">20%
    </attribute>
    </attributes>
    <solution>problem 4 </solution>
    </casedef>
      .....
    </cases> ))
```



<그림 8> CaseML과 ACML을 이용한 에이전트간의 사례 공유 모델

다음 소스는 위의 FIPA ACL 메시지를 XML로 인코딩 하여 ACML로 표현한 메시지의 예를 나타낸다.

fipa_acl.xml

```
<?xml version="pre-1.0"?>
<!DOCTYPE acl SYSTEM "fipa_acl.dtd">
<message>
<messagetype>
 not-understood
</messagetype>
<messageparameter>
<sender link="http://eslab.inha.ac.kr /~hansg">
 hansg_agent
</sender>
</messageparameter>
<messageparameter>
<receiver link="http://www.inha.ac.kr
/people/gsjo/">
 gsjo_agent
</receiver>
</messageparameter>
<messageparameter>
<ontology link="http://www.ctutor.net
/~fish/ontology/math.html">
 mathematic
</ontology>
</messageparameter>
<messageparameter>
<language
link="http://www.inha.ac.kr/CaseML.html">
 CaseML
</language>
</messageparameter>
</message>
<messageparameter>
<content xlink:type="simple"
 xlink:href="http://www.ctutor.net
/~fish/content/CaseContent.xml
#xpointer(/cases/attributes)"
 xlink:href="onLoad">
</content>
</messageparameter>
```

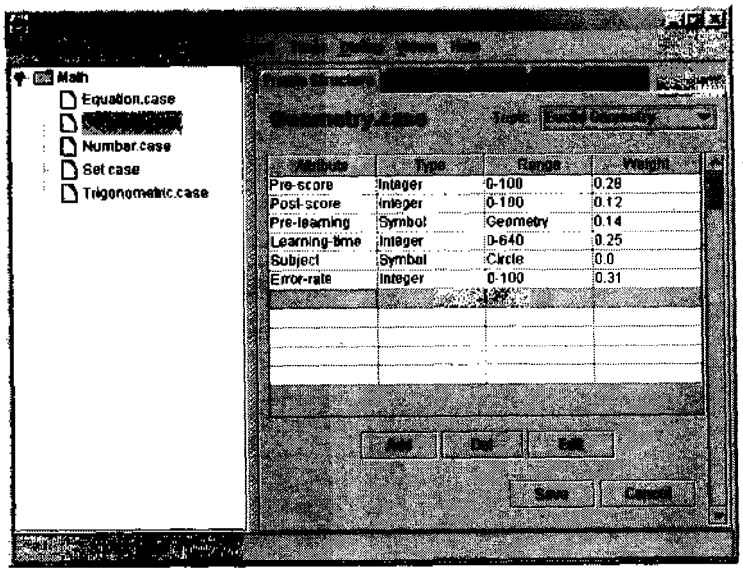
5. e-Learning 시스템을 위한 에이전트 시스템의 구현

본 연구에서 제안한 사례 마크업 언어인 CaseML의 효율성을 살펴보기 위하여 e-Learning 시스템기반의 지능형 에이전트 시스템을 구현하였다. 시스템 구현의 주내용은 e-Learning 시스템의 전반적인 모듈의 구현이 아니고, 사례 기반 지식의 생성 및 전송을 위한 CaseML의 자동 생성기와 분산된 e-Leaning 시스템 안의 학습자 지식을 공유하기 위한 멀티 에이전트 시스템의 구현에 주안점을 두었다.

5.1 CaseML 작성을 위한 CaseML 빌더 구현

본 연구에서 제안된 CaseML은 표준화를 주목적으로 하기 때문에 인간의 수작업으로 XML 문서와 DTD를 작성하는 것은 매우 비효율적이며 표준을 위배할 수 있는 문제를 내포한다. 따라서 CaseML을 자동으로 생성해 줄 수 있는 생성기는 필수적이다. <그림 9>는 이러한 CaseML에 사용되는 XML 문서들을 자동으로 생성해 주는 CaseML 빌더의 화면이다.

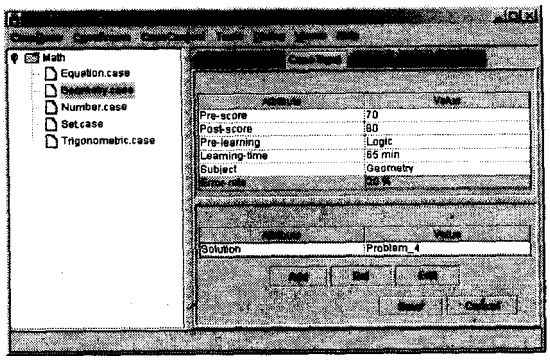
CaseML 빌더는 자바와 Prolog를 이용하여 구현하였으며, 생성된 사례 베이스와 XML 문서는 JDBC를 이용하여 MS-SQL DB에 저장하도록 하였다. CaseML 빌더는 사례기반 추론 시스템에서 사용되는 CBR 4REs 사이클의 기능을 지원한다. 우선 CaseBase 메뉴에 의하여 새로운 사례 베이스를 생성한 뒤 이 사례 베이스에 구축될 사례의 프레임이 CaseFrame



<그림 9> CaseML 빌더의 주화면

라는 모듈에서 생성된다. 또한 실제 사례 베이스에 입력될 사례들은 <그림 10> 에서와 같이 Case Content 모듈에서 입력이 되어 사례 베이스의 사례들이 축적되어 진다. 사례들은 이 모듈을 통하여 초기에 전문가에 의해서 생성되지만 하급과정에서는 <그림 11>에서 제시하는 분산된 에이전트 시스템에 의하여 사례 지식들이 자동으로 생성되어 진다.

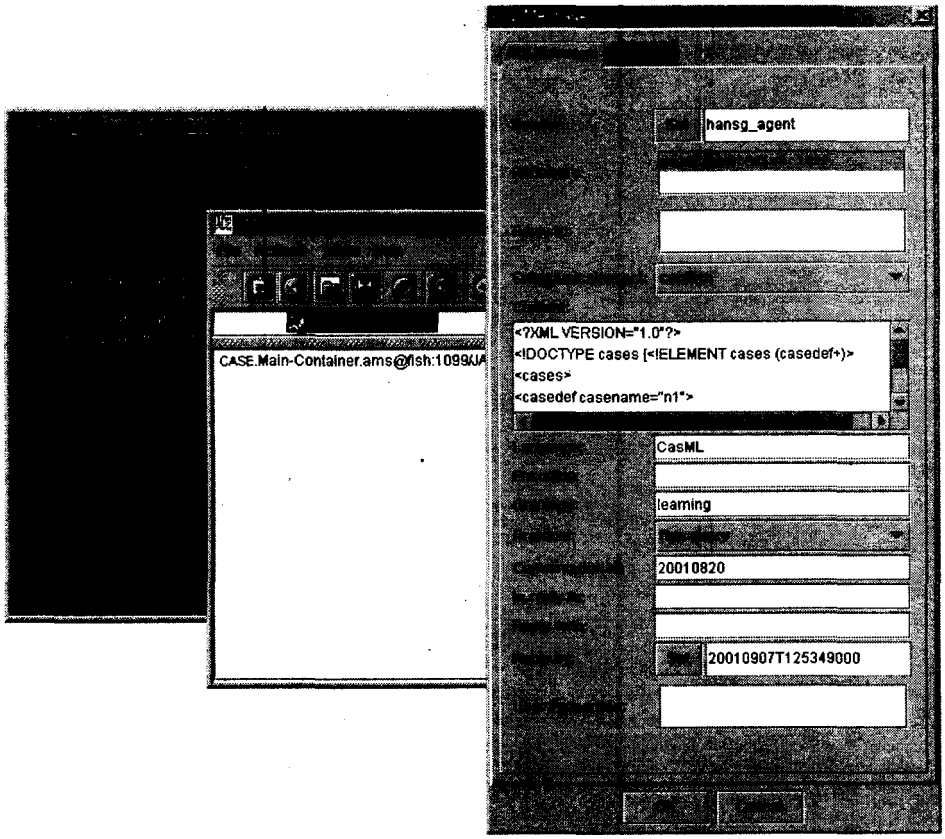
이외에 CaseML 빌더는 검색 모듈과 수정 및 교정 모듈, 그리고 학습 모듈을 가지고 있어 사례의 유사도를 이용한 검색과 사례들의 무결성 검사 및 중복 사례의 제거 작업을 수행할 수 있다. 여기에서의 학습 모듈은 현재까지 저장된 사례들과 새로운 사례들을 자동으로 학습하는 것이 아니라 교사의 참여에 의해 부분적으로 수행되고 있으며, 차후 연구에 자동화된 기계학습 모듈을 추가하고자 한다.



<그림 10> CaseML 빌더에서 실제 사례 입력 화면

5.2 지능적인 e-Learning을 위한 에이전트 시스템 구현

분산된 지식 베이스의 지식을 공유하기 위하여 본 연구에서는 멀티 에이전트 시스템을 구현하였다. 에이전트의 구성은 FIPA에서 제안하는 표준 규격을 따랐으며 프로토콜 또한



<그림 11> 에이전트간 사례 지식 공유를 위한 CaseML 전송 모듈

FIPA ACL의 내부 언어인 KQML을 준수하여 구현하였다. 에이전트 플랫폼간의 메시지 통신은 IIOP(Internet Inter ORB Protocol)을 이용하여 에이전트간의 협력과 통신의 표준 프로토콜을 따랐으며, AID(AgentID)를 가지고 MTS (Message Transport System)는 AID를 보고 메시지들을 해당 에이전트에게 라우팅하도록 하였다. 즉, 기존 멀티 에이전트의 퍼실리테이터의 역할을 제거하였다.

시스템의 전체 프로토타입은 Java를 이용하여 프로그래밍 하였으며, 에이전트 기본 골격은 FIPA 규정을 따르는 JADE(Java Agent DEveloper)를 이용하여 구축하였다. 학습자 버그 라이브러리를 구축 및 추론하기 위하여 자바 기반 전문가 시스템 쉘인 JESS를 사용하였다. 또한 e-Learning 시스템의 학습 웹서비스를 위하여 Windows 2000 server에서 IIS 웹서버와 서블릿을 이용하였으며, MS-SQL을 DB로 이용하고 있다. XML 파서로는 MSXML을 이용하였다. <그림 11>은 에이전트간 사례 지식 공유를 위한 CaseML 전송 모듈의 구현된 화면을 나타낸다. 이 프로그램을 통하여 분산된 다른 e-Learning시스템의 지식베이스를 공유할 수 있으며, CaseML과

ACML을 응용하여 지식 추론을 할 수 있다. 실제 학습에 있어서 에이전트는 내부적으로 포함되어 학습자에게 나타나지 않으며 입력 또한 간단하게 처리된다.

6.3 실험 및 고찰

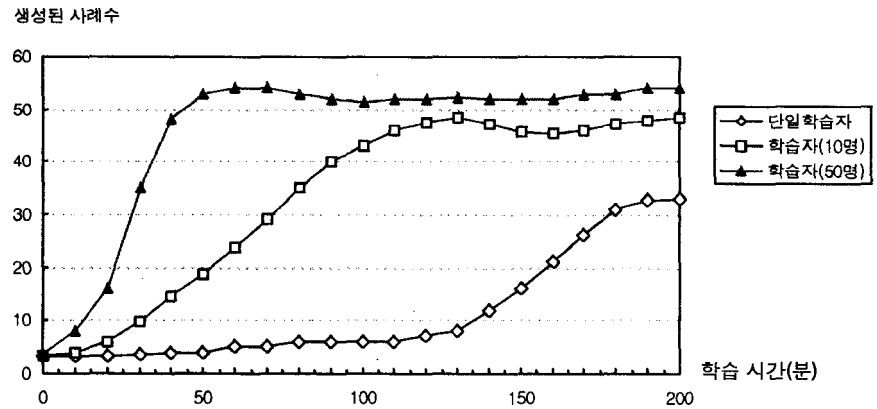
구현된 시스템의 성능을 살펴보기 위하여 초기 사례 지식을 기반으로 학습 중 발생하는 사례 지식 생성율을 비교, 실험하였다.

단일 사용자에 의해 생성된 사례와 10명에 의해 생성된 사례 그리고 50명을 대상으로 생성된 사례 수를 비교하였다. 사례 도메인은 고등 수학 중에서 기하 영역의 10항목을 추출하여 실제 학습에 투입하여 생성된 사례 지식의 수를 고찰하였다. 학습 시간은 200분을 기준으로 실시하였으며 학습자 수준은 다양하게 구성하여 정답 사례와 오답사례를 발생하도록 하였다. 단일 사용자의 사례를 정교하게 확인하기 위하여 5명을 단일 학습으로 한 뒤 발생하는 사례수를 평균으로 산출하였다.

<그림 12>는 학습 중 생성된 사례 수를 나타내는 그래프이다. 그래프에서 학습 초기에 삽입된 사례는 정답 사례 1개와 오답 사례 3개를 기반으로 시작하였다. 결과를 분석해 보면 학습 초기에 생성된 사례의 수 중 50명의 학습자가 생성한 사례의 수가 지수적으로 증가함을 보였다. 이에 비해 단일 사용자에 의해 생성된 사례의 수는 매우 적게 생성되며, 그 증가율 또한 느리게 생성됨을 보였다. 단일학습자의 경우 학습의 종료시점이 되어서야 사례가 다량으로 구축됨을 보였다.

이는 초기에 사례 베이스를 구축하기 위하여 본 연구에서 제시하는 시스템이 효과적임을 보여주며, 분산된 학습자의 지식을 공유함에 의해 학습 초기에 학습자 수준에 맞는 적응형 학습이 가능하다는 것을 시사한다.

사례의 수는 세 경우 모두 어느 지점에서 증가 곡선이 약간의 하향곡선을 그리게 되는데 이것은 사례 베이스가 유지 보수과정에서 동일한 사례와 종속적인 지식을 내포하는 사례를 제거하는 무결성 과정을 거치기 때문이



<그림 12> 학습자(에이전트) 수에 따른 사례 생성의 비교

다. 최종 생성된 사례의 수를 비교하면 다수의 학습자가 참여한 학습에서 더욱 많은 사례가 생성됨을 보이며, 일정한 학습이 경과한 후에는 사례 지식의 수가 일정하게 유지되는 안정화 단계를 보였다.

따라서 본 연구에서 제시하는 CaseML을 이용한 e-Learning 시스템은 학습자의 지식 공유를 위하여 매우 우수한 기능을 보유하고 있다는 것을 살펴볼 수 있었다.

또한 에이전트의 협력적인 작업을 통하여 기존의 시스템들이 지식을 활발하게 공유하며 기능을 확장함을 볼 수 있었다.

7. 결론 및 향후 연구

전자 상거래에서 e-Learning의 역할과 그 영역은 지속적으로 성장해가고 있으며 기업의 지식 관리 차원에서 더욱 많은 기능과 기대를 요구하고 있다. 이러한 기대는 분산되어 있는 지식의 공유에서 시작되며, 이러한 공유를 통하여 새로운 지식을 생성하는데 그 목적이 있다. 따라서 본 연구에서 제시하는 시스템의 모델과 지식 마크업 언어의 역할은 이러한 기대를 지원할 수 있다.

본 연구에서 제시하는 e-Learning 시스템의 모형은 에이전트 시스템을 이용하여 지식의 관리와 공유를 손쉽게 수행할 수 있었으며, 사례기반 마크업 언어인 CaseML을 통하여 더욱 효율적으로 e-Learning을 지원할 수 있었다.

결론적으로 본 연구에서 제시한 내용의 결과를 논하면 다음과 같다.

첫째, 학습자 모델의 중요성과 연구 성과에 관한 고찰 및 방법을 제시하였다. 그리고 e-Learning 시스템에서 학습자 모델 구축을 위해 CBR의 장점과 실제 학습에 적용할 수 있도록 사례베이스를 설계, 구현하였다.

둘째, 분산된 환경에서 사례베이스를 공유하기 위한 XML 기반 CaseML을 설계하였으며, 실제 XML 문서와 DTD를 정의하여 손쉽게 응용할 수 있는 구조를 모델링하여 이를 쉽게 생성할 수 있는 CaseML 빌더를 구현하였다.

셋째, e-Learning 시스템에 실제 응용될 지능형 에이전트 시스템의 구현 방법을 고찰하였으며 세계적인 표준을 따르는 에이전트 모델을 구현하였다.

넷째, 고등 유클리드 기하 학습 문항을 투입한 에이전트 시스템의 사례 지식 생성 실험을 통하여 본 연구의 타당성을 제시하였다.

따라서 본 연구는 웹 상에 분산된 지식을 사례 기반 마크업 언어와 지능형 에이전트 시스템을 통하여 공유할 수 있으며, 거대하게 생성되는 지식들을 손쉽게 수집, 공유함으로써 웹에서의 인공지능 기술의 응용 영역을 확장하고 있다. 이러한 부분은 비단 e-Learning 분야에 국한되는 것이 아니라 전자상거래에 관련된 모든 지식 관리 분야에 적용될 수 있다.

차후 연구로 기업교육에 관련된 분야의 컨텐츠를 사례 베이스화하는 작업과 에이전트를 이용한 분산 환경에서의 실제 컨텐츠 공유, 교환, 변환, 검색 부분에 관한 연구가 필요하다. 또한 보다 정교한 학습자 지식 추론을 위한 Rule과 기계학습 방법을 사례기반 추론 방법과 통합하는 부분도 필요하겠다. 그리고 이형 분산 환경에서 대량으로 생성된 새로운 Case의 일관성 유지에 관련된 연구가 절실하다.

참고 문헌

[1] A amodt, A., & Plaza, E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. AI Communications, 7 (1), 39-59. 1994.

[2] Aha, D. W. Case-based learning algorithms. In Proceedings of the DARPA Case-Based Reasoning Workshop pp. 147--158. Washington, D.C.: Morgan Kaufmann. 1991.

[3] Bosak, Jon. XML, Java, and the future of the Web, Sun Microsystems, available at http://sunsite.unc.edu/pub/sun-info/standards/xml/why/xmlapps.htm . Published in W3 Journal, No.4: Fall 1997: XML: Principles, Tools, and Techniques. 1997.

[4] Bra. T, Paoli, J. Sperberg-McQueen. Extensible Mark-up Language, W3 Consortium recommendation paper, http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210. 1998.

[5] C. Riesbeck and R. Schank, Inside Case-based reasoning. Lawrence Erlbaum. 1989.

[6] Chappell, A. R. & Mitchell, C. M. The case-based intelligent tutoring system: An architecture for developing and maintaining operator expertise. In Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Orlando, FL. 1997.

[7] Conor Hayes and P. Cunningham. Shaping a CBR View with XML in Case-Based Reasoning Research and Development. Proceedings of the Third International Conference on Case-Based Reasoning, pp 468-481, ICCBR-99. 2000.

[8] Greer J. and McCalla G., eds. Student Modelling: The Key to Individualised Knowledge-Based Instruction. Springer-Verlag. 1994.

[9] Hayes C., Cunningham P., Doyle M. Distributed CBR using XML in proceedings of the Workshop: Intelligent Systems and Electronic Commerce, Bremen, September 15-17. 1998.

[10] J.D. Olson and R.E. Kent. Conceptual knowledge markup language, an XML application. Unpublished presentation, given at the XML Developers Day, August 21, 1997, Montreal Canada, August 1997.

[11] J. Hendler and D. McGuinness, The DARPA Agent Markup Language, IEEE Intelligent Systems, vol. 15, no. 6, Nov/Dec. pp. 72-73. 2000.

[12] J. Kolodner. Case-Based Reasoning. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA. 1993.

[13] Sklar, E. Case-based student modelling: unaccessible solution mode. In Conference internationale sur les nouvelles technologies de la communication et de la formation (NTICF'98). CEL: A Framework for Enabling Experimentation in an Internet Learning Community, (2000).

[14] Stefan Decker, Sergey Melnik, Frank Van Harmelen, Dieter Fensel, Michel Klein, Jeen Broekstra, Michael Erdmann, and Ian Horrocks. The semantic web: The roles of xml and rdf. IEEE Expert, 15(3), October 2000

[15] VanLehn, K. Student modeling in Foundations of Intelligent Tutoring Systems, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, New Jersey: 55-78. 1988.

[16] Williams, S. Putting Case-based Learning into Context: Example from legal, business, and medical education. the Journal of the Learning Sciences 2(4), 367-427. 1992.

[17] Yazdani, M. Intelligent tutoring system, An overview, Artificial Intelligence and Education (Volume 1), Norwood, NJ. 183-201. 1987.

저자 소개

현선관(e-mail: fish@eslab.inha.ac.kr)
1991년 인천교육대학교 초등교육학과(교육학사)
1995년 인하대학교 교육대학원 전자계산공학과(교육학 석사)
2002년 인하대학교 전자계산공학과(공학 박사)
관심 분야: 지능형 교수 시스템, 사례 기반 추론, 지능형 에이전트 시스템, XML, e-Learning

윤정섭(e-mail: jsyoon@eslab.inha.ac.kr)
1992년 인하대학교 전자계산공학과(이학사)
1996년 인하대학교 전자계산공학과(공학석사)
2002년 인하대학교 전자계산공학과(박사과정)
관심 분야: 인공지능, 사용자 모델링, 지능형 에이전트

조근식(e-mail: gsjo@inha.ac.kr)
1982 인하대학교 전자계산학과(학사)
1985 Queens Colleg/CUNY M.A., Computer Science (석사)
1991 City University of New York, Ph.D., Computer Science (박사)
1992- 현재 인하대학교 전자계산공학과 교수
관심분야: CSP, 인공지능, 지능형 에이전트, 지능형 전자 상거래