

절차 지식 온톨로지 기반 지능형 교수 시스템 설계

유정수⁰

전주교육대학교 컴퓨터교육과
jsyu@jnue.ac.kr

Design of an Intelligent Tutoring System Based on the Ontology of Procedural Knowledge

Jeong-Su Yu⁰

Dept. of Computer Education, Jeonju National University of Education

요 약

오늘날 지능형 교수 시스템은 과거와는 달리 전문영역 지식, 학습자 지식과 융통적인 개별 학습과 개인교수를 지원하기 위한 교수 전략에 대한 지식이 사용되고 있다. 학습자들이 배웠던 내용이 무엇인지를 설명하고 가르칠 도메인 지식을 전문영역 지식으로 표현한다. 교수법 모듈은 학습을 제어하거나 가르치기 위한 모든 결정을 한다. 학생 모형은 학습자의 지식을 기술하고 학습자 개개인에 대한 특정한 정보를 저장한다. 본 논문에서는 지능형 교수 시스템의 구성 요소인 학습자 모형의 지식을 기존의 인공 지능에서의 지식 표현 기법인 생성 시스템의 절차 지식을 온톨로지를 사용하여 설계하였다.

1. 서 론

CAI(computer aided instruction)는 컴퓨터를 사용하여 교수·학습을 하려는 시도에서 연구되었다. CAI는 1960년대에 스탠포드 대학의 Patric Suppes가 차후에 개발되는 교수용 소프트웨어에 대한 표준화를 위해 개발하였다. 산술과 다른 주제들에 대한 교육과정을 체계적으로 분석한 후 Suppes는 학습자 피드백(learner feedback), 학습 가지(learning branching)와 학생들에 대한 기록을 관리할 수 있는 고도의 구조화된 시스템을 설계하였다. 이는 학습자들을 도와주는데 다소 효과적이기는 하나 인간 개인교사로부터 받을 수 있는 개별적인 관심이나 배려는 제공받을 수 없다. 이 같은 시스템들은 교사들이 정보를 학생들에게 전달하는 형태로 교수(instruction)는 학습자의 개개인의 요구를 만족시킬 수 없었고 학습자의 능력은 고려되지 않았다. 따라서 이와 같은 개별적인 관심이나 배려를 받을 수 있는 컴퓨터 기반 교육 시스템에 대한 연구가 바로 지능형 교수 시스템(ITS; Intelligent

Tutoring System)이다.

과거의 지능형 교수 시스템은 콘텐츠의 구조에 전문가의 지식을 포함하고 있었으며 적합한 설계 모형이 적용되었다. 지능형 교수 시스템에 관한 연구는 1982년 WEST와 SOPHIE를 시작으로 효과적인 학습을 위한 방법으로 많은 방법들이 시도되었으며, 가장 효과적인 학습 방법은 일대일 개인교육 방법으로 판명되었다. 지능형 교수 시스템은 CAI에서 발생된 것으로 학생들 개개인에게 적합한 학습 수준으로 문제를 생성하고 선택할 수 있도록 설계된 프로그램을 말한다. 문제를 학생들의 학습 수준에 맞게 적용하는 이 같은 적응 시스템(adaptive system)은 어떤 과목의 주제에 대한 학생의 지식 모형을 기반으로 하여 문제들을 나타낼 수 있어야 하고, 시스템 스스로 문제를 해결할 수 있어야 하며 그리고 학생 능력을 진단하고 설명할 수 있어야 한다. 지식에는 서술 지식(declarative knowledge)과 절차 지식(procedure knowledge)으로 이루어졌다. 서술 지식이란 어떤 사상이 무엇인가에 대한 지식what-knowledge로 일반적 DB이다. 절차 지식은 무엇을 어떻게 하는가에 대한 지

이 논문은 2004년도 전주교육대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

식이다. 각종의 행위와 기술을 수행하는 절차, 방법에 대한 지식이 이에 속한다. 기존 인공지능에서는 production system[1]이나 parallel distribution[3]체계에 의하여 표상되고 처리되었다.

학습을 성공적으로 수행하기 위해서는 절차 지식이 중요한데 본 논문에서는 효율적으로 수준별 학습이 가능하도록 온톨로지를 기반으로 선언 지식과 절차 지식을 설계하였다.

2장에서는 온톨로지 개념과 지능형 교육 시스템의 기본 개념 및 특성에 관해 살펴본다.

3장에서는 온톨로지 기반 지능형 구성 요소 표현에 대해 기술한다.

마지막으로 4장에서는 결론 및 앞으로의 연구 방향에 관해 기술한다.

2. 이론적 배경

2.1 온톨로지

아리스토텔레스가 '범주(category), 은유(metaphor), 주어(subject)'와 같은 많은 용어를 개념화시키고 정의했던 온톨로지(ontology) 개념이 오늘날 컴퓨터 분야에서 관심의 대상이 되고 있다. 컴퓨터에서 존재론이라 번역되는 온톨로지는 컴퓨터에서 사용하는 각종 개념에 대한 설명 또는 정의라고 볼 수 있다. 철학에서 사용하는 존재론을 컴퓨터에서 사용하는 이유는 무엇일까? 뇌가 우주의 축소판이고, 컴퓨터가 뇌의 축소판이기 때문이다.

일반 분야의 온톨로지와 컴퓨터 분야에서 사용하는 온톨로지가 다른 점이 있다면 기계가 이해할 수 있느냐 없느냐 하는 차이이다. 인공지능 분야에서 오래 전부터 논의되던 온톨로지가 시맨틱 웹 분야에서 새삼 중요한 부분으로 떠오른 이유는 기계들이 낱말의 뜻을 이해할 수 있는 웹으로 설계되는 것이 시맨틱 웹이기 때문이다. 사람은 어떤 개념을 쉽게 이해할 수 있지만 기계가 이를 이해하기란 쉽지 않다. 따라서 기계가 이해할 수 있도록 매우 구체적으로 개념을 설명하고 관계를 표현하는 기술이 필요한데, 이것이 온톨로지 기술에 의

해 이루어지는 것이다.

온톨로지가 일종의 사전이고 기계가 이 사전의 의미를 파악하는 것이 핵심이므로 온톨로지는 필연적으로 인공지능 기술에 의지할 수밖에 없다[2]. 현재 컴퓨터 분야의 인공지능과 인공지능 프로그램은 '근대적 의미론의 창시자'로 부르는 독일 철학자인 프레게(Gottlob Frege)가 개발한 술어 논리(predicate logic) 체계에 크게 의지한다. 이후 튜링(Alan Turing)과 맥카시(John McCarthy)에 의해 계승된 인공지능은 지속적인 연구를 통해 시맨틱 웹 개발의 핵심으로 떠올랐다. 맥카시는 1956년 다트머스 대학의 학술회의에서 인공지능(AI)이라는 말을 처음 사용하면서 컴퓨터 분야의 본격적인 인공지능 연구를 이끌었다[3].

컴퓨터 분야에서의 온톨로지 역시 정보시스템의 대상이 되는 분야에 존재하는 개체와 개념에 대한 명세로서 철학적 용어를 그대로 사용하고 있다. 모든 정보시스템은 정보시스템이 바라보는 적용영역(실재)에 대한 관점(view)의 반영이라 할 수 있는 온톨로지를 갖고 있다. 물론 그것이 독립된 형태로 구축되어 있지 않고 데이터베이스나 프로그램 코드에 스며들어 있을 수는 있으나 해당 응용의 개체나 개념, 프로세스 등은 존재한다. 온톨로지의 기본은 해당 영역에 존재하는 개념들이다. 예를 들어 책에 대한 각 개념은 다시 그 개념을 설명하는 속성들을 갖게 되는데, 책은 저자, 출판사, 쪽, 가격 등의 속성을 가질 수 있을 것이다. 또 개념들은 서로 관계를 가질 수 있는데, 가장 기본적인 관계는 상하포함관계다. 예를 들어 컴퓨터 책은 책에 포함되는 하위개념이 된다. 발전된 온톨로지에서는 속성의 특성, 좀더 복잡한 형식의 관계 등을 정의함으로써 풍부한 내용을 담을 수 있게 된다. 온톨로지를 독립적인 하나의 중심 구성요소로 보고 이를 개발과 운영의 중심에 놓는 것이 온톨로지 기반 시스템 또는 시스템 개발인데, 이는 몇 가지 측면에서 장점을 갖는다. 대표적인 장점으로

- 정보 콘텐츠의 구조에 대한 명세로서의 역할
- 해당 영역의 지식 공유와 재사용
- 해당 영역의 제약과 가정에 대한 명시
- 지식(정보)과 프로세스의 분리
- 요구사항 분석의 기본 단계 등이다.

온톨로지는 정보검색, 의료정보와 바이오정보, 인공지능 및 에이전트, 전자상거래, 지능형 인터넷 등 다양한 기술 분야에 적용되며, 이미 분야별로 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 가장 먼저 온톨로지 개념을 적용한 컴퓨터 분야는 역시 지식표현과 활용을 연구하는 인공지능 분야다. 특히 에이전트 분야는 이미 90년대 초부터 분산된 환경에서 에이전트들이 상호작용을 통해 의미 있는 문제를 해결하기 위해서는 서로 공유할 수 있는 기본 지식기반의 필요하다는 것을 인식하여 일종의 온톨로지와 할 수 있는 개념 계층도(concept hierarchy) 등을 이용했으며, 지식과 정보를 교환하기 위한 질의어인 QML과 지식교환형식인 KIF 등을 정의했다. 특히 미 국방연구처(DARPA)의 DAML-OIL은 대표적인 온톨로지 표현언어 및 형식으로 받아들여지고 있다. 또 다른 대표적인 분야는 정보검색이다. 용어 모음이나 동의어사전 형태만으로도 불필요한 오류를 방지할 수 있고 검색효율을 높일 수 있다. 예를 들어 사용자가 잘못 기재한 '적응형 교시학습 시수템'라는 키워드는 온톨로지를 이용해 '적응형 교수학습 시스템'로 바로잡아 줄 것이며, '교육 시스템, 수준별 학습, 컴퓨터 보조학습 시스템'과 같은 유사 또는 관련어를 이용해 더욱 풍부한 검색서비스를 제공할 수 있게 된다. 이 분류체계는 구글 등 상용검색사이트를 비롯한 수많은 사이트에서도 사용될 정도로 대표적인 웹 정보 분류체계로 받아들여지고 있어 처음 방문하는 사이트에서도 익숙한 분류 카테고리를 이용할 수 있는 경우가 점점 많아지고 있다.

2.2 지능형 교수 시스템

논문에서는 학습자 중심의 환경에서 시간과

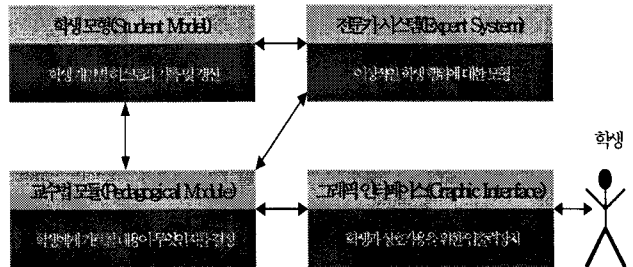
공간을 뛰어넘어 학습자가 자기 수준에 맞는 학습을 가능하게 하기 위해서 지능형 교수 시스템을 설계하고자 한다. 지능형 교수 시스템은 개별 학습이 가능하게 하기 때문에 이러닝이 새로운 지식 산업으로 발전될 수 있게 하기 위해서는 지능형 교수 시스템 개발이 필수 불가결하기 때문이다.

오늘날 지능형 교수 시스템은 과거와는 달리 전문영역(domain) 지식, 학습자 지식과 융통적인 개별 학습과 개인교수를 지원하기 위한 교수 전략에 대한 지식이 사용되고 있다. 지능형 교수 시스템의 일반적인 구조는[그림 1]과 같이 학생 모형, 전문가 시스템, 교수법 모듈과 그래픽 인터페이스로 이루어졌다. 전문가 시스템은 학습자들이 배웠던 내용이 무엇 인지를 설명하고 가르칠 도메인 지식을 표현한다. 교수법 모듈은 학습을 제어하거나 가르치기 위한 모든 결정을 한다. 학생 모형은 학습자의 지식을 기술하고 학습자 개개인에 대한 특정한 정보를 저장한다. 학생 모형은 다음과 같은 3가지 측면을 고려해야 한다.

첫째, 학습자에 대한 어떤 정보를 모형에 포함시킬 것인가?

둘째, 학습자에 대한 정보를 어떻게 얻고, 정보를 시스템에 어떻게 표현할 것인가?

마지막으로 어떻게 정보를 갱신하고 구성하는 할 것인가이다.



<그림 1> 지능형 교수 시스템 구조

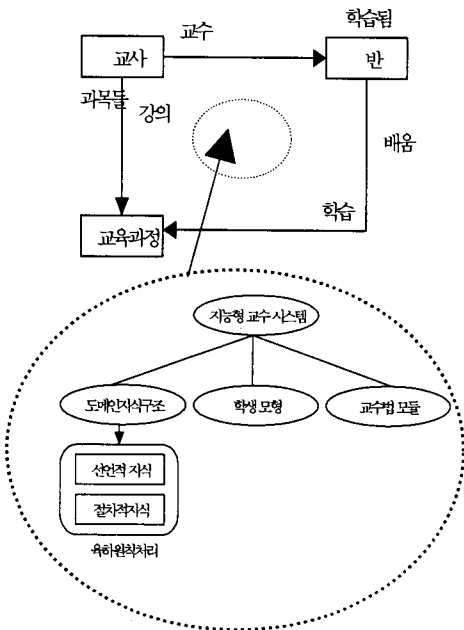
전통적인 교실수업에는 학습자, 학습할 내용과 교사의 교수전략으로 이루어지는데 이 과정에서 개인화가 이루어지지 않는다. 교사들은 학생 개별에 맞는 모형을 개발하려고 학습

자들과의 상호작용을 통해 학습자의 평가기록 또는 프로필 등을 계속해서 갱신할 것이다.

3. 온톨로지 기반의 지능형 교수 시스템 설계

3.1 지능형 교수 시스템 개념 구조

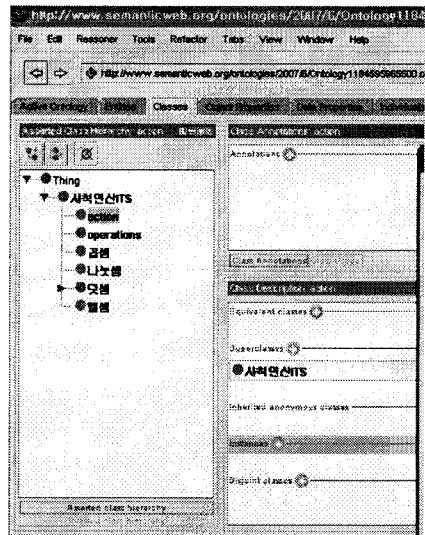
지능형교수 시스템에 대한 온톨로지의 개념적인 그림으로 나타내 보면 [그림 2]와 같다. 제일 상단에 지능형 교수 시스템 클래스가 있고 그 하위로 도메인지식, 학생 모형, 교수법 모듈이 있다. 각각의 클래스들은 더 세부적인 클래스들로 다시 나누어진다. 선언적 지식은 다양한 표현 방식을 가질 수 있으므로 지능형 교수 시스템에서 도메인 지식을 반영하기 위해서는 기본적으로 생성 규칙(IF~THEN) 형태를 가지거나 특정 전문영역에 대한 사용자에게 직관적인 정보를 줄 수 있는 형태로 재구성되어야 한다. 서술적 지식은 누가, 언제, 어디서, 무엇을, 왜, 어떻게 란 항목으로 표현하여 학습자 입장에서 학습자, 학습수준, 수업할 과정, 대상 과목, 학습 방법을 제공할 수 있도록 하였다.



<그림 2> 개념 구조

3.2 도메인 지식 구조

지능형 교수 시스템은 인간 교사를 대신해서 인공지능을 가진 컴퓨터가 인간 학습자를 가르치는데 사용하는 컴퓨터 프로그램이다. 따라서 본 논문에서는 어떻게 인간 학습자를 학습을 시킬 것인가에 초점을 맞추기 위하여 절차적 지식을 온톨로지로 사용하였다. Protege-2000은 특정한 온톨로지를 따르지 않는 특징을 지니고 있어 Protege-2000을 사용하여 ITS의 기본 구성요소 중의 하나인 도메인 지식에 관련된 온톨로지의 인스턴스를 입력하여 [그림 3]과 같이 생성하였다.



<그림 3> Protege-2000을 이용한 인스턴스 생성 예

지식 설계는 하향식 방식과 규칙기반으로 설계하였다.

4. 결론 및 앞으로의 연구 방향

본 논문은 ITS에서 학습을 성공적으로 수행하기 위해서 필요한 절차 지을 온톨로지 방법을 사용하여 설계하였다. 학습자 수준에 맞는 학습을 적시에 정확하게 효율적으로 할 수 있도록 하기 위한 목적으로 설계하였다. 또한 ITS를 통해 학습자가 학습을 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 방안을 다음과 같이 제시하였다.

- 지능형 교수 시스템에서 중요한 도메인 지식을 온톨로지에 대한 이론적 기반으로 하여 이에 적합한 온톨로지 구축 방식을 제시하였다.

- Protege-2000 프레임워크를 기반으로 모형을 제시하였다. 이는 개념을 기반으로 새로운 지식의 추가와 수정이 용이하고, 유동적인 정보환경에 적용할 수 있는 학습자 중심의 지식관리 프로그램이라고 할 수 있다.

최고의 지능형 교수 시스템은 보다 역동적이고 능동적인 학습무대가 되게 하기 위해서는 학습자의 수준별로 다른 콘텐츠를 제시해 주어야 한다. 본 논문에서는 이를 위해 다중 차원의 수준별 내용을 지원하기 위해서 학습 전략에서 정의된 콘텐츠qualifier에 대한 온라인 콘텐츠와 일치하고 학습자qualifier에서의 학습자의 특성과 일치하는 정보를 기반으로 전달할 콘텐츠를 결정하여 전달함으로써 가능하도록 하였다. 현재는 설계 단계이기 때문에 실제로 구현을 하기 위해서는 XML 표기법에서 전달 전략 확장에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Jeff, T Heaton, Introduction to Neural Networks with Java, Heaton Research, Inc., 2005.
- [2] Chun-Hung Lu Shih-Hung Wu LiongYu Tu Wen-Lian Hsu, "The design of an intelligent tutoring system based on the ontology of procedural knowledge," Advanced Learning Technologies, 2004. Proceedings. IEEE International Conference on pp525-529, 2004.
- [3] Patrick Henry Winston, Artificial Intelligence, 3rd Edition, Addison-Wesely Publishing Company, 1992.