

# 적응형 교수 학습을 위한 퍼지 집합 기반 에이전트 시스템

최 속 영<sup>†</sup>·양 형 정<sup>††</sup>

## 요 약

본 연구에서는 학습자들의 학습 과정을 모니터링하여 분석된 학습 특성에 따라 다르게 학습내용을 동적으로 구성하여 제공하는 에이전트 기반의 적응적 교수 시스템을 구현하고 있다. 또한 학습자들의 능력을 평가하고 각 수준에 맞는 학습내용을 제공하기 위해 퍼지 개념을 이용하고 있다. 이를 위해, 코스웨어 설계시 학습목표의 중요도, 학습내용의 난이도, 학습목표와 학습내용과의 관련도에 따라 퍼지 수준 집합을 구성하고 이를 기반으로 학습자의 수준에 맞는 내용을 제공한다. 본 논문에서는 에이전트를 이용하여 학습자들의 학습 상태를 지속적으로 모니터링하고, 평가 단계에서 학습자가 오답을 냈을 경우 적절한 힌트를 추론하여 제공하며, 분석된 학습 특성과 평가 결과에 따라 학습 내용을 동적으로 구성하여 줌으로서 적응적 교수 시스템을 효과적으로 구현하고 있다. 또한 퍼지 집합에 의한 수준별 학습 내용의 제공과 평가 결과는 학습과정에 나타나는 여러 가지 다양하고 불확실한 요소들을 고려하여 처리함으로써 보다 융통성 있는 교수 학습 방법을 제공할 수 있도록 한다.

## Fuzzy Set Based Agent System for Adaptive Tutoring

Sook-Young Choi<sup>†</sup> · Hyung-Jeong Yang<sup>††</sup>

### ABSTRACT

This paper proposes an agent-based adaptive tutoring system that monitors learning process of learners' and provides learning materials dynamically according to the analyzed learning character. Furthermore, it uses fuzzy concept to evaluate learners' ability and to provide learning materials appropriate to the level of learners'. For this, we design a courseware knowledge structure systematically and then construct a fuzzy level set on the basis of it considering importance of learning targets, difficulty of learning materials and relation degree between learning targets and learning materials. Using agent, monitoring continually the learning process of learners', inferencing to offer proper hints in case of incorrect answer in learning assesment, composing dynamically learning materials according to the learning feature and the evaluation of assesment, our system implements effectively adaptive instruction system. Moreover, applying the fuzzy concept to the system could naturally consider and deal with various and uncertain items of learning environment thus could offer more flexible and effective instruction-learning methods.

**키워드 :** 적응형 교수 시스템(Adaptive Tutoring System), 에이전트 시스템(Agent System), 퍼지 집합(Fuzzy Set)

### 1. 서 론

적응적 교수 시스템은 다양한 학습자의 학습 배경, 선수 학습 정도 등과 같은 학습자 특성을 고려하여 적합한 학습 내용 및 방법을 웹 환경을 기반으로 제공할 수 있는 교수 시스템을 의미한다. 적응적 웹 기반 교수 시스템은 크게 지능적 교수 시스템(Intelligent Tutoring System)과 적응적 하이퍼미디어 시스템(Adaptive Hypermedia System)[16]으로 구분될 수 있는데, 최근에 연구되고 있는 적응적 웹 기반 교수 시스템들은 지능적 교수 시스템이 제공하는 문제 해결 중심의 수업 환경과 하이퍼텍스트 또는 하이퍼미디어의 탐색적 학습 환경을 통합한 형태를 띠고 있다. 하지만, 이러한 적응적 교수 시스템과 관련된 국내외 기술 현황은

아직 미비한 실정이다. 이러한 적응적 웹 기반 기법들이 실현되기 위해서는 웹상에서 각 학습자들의 상태를 지속적으로 체크하고 분석하는 과정이 요구된다. 이러한 작업을 효과적으로 수행할 수 있는 기술로 에이전트를 들 수 있다[1]. 에이전트는 사용자를 대신하여 사용자가 원하는 작업을 자동적으로 해결해주는 소프트웨어라 정의할 있으며[7], 최근에 이러한 에이전트를 교육적으로 활용하려는 시도들이 있어왔다[2, 3, 6].

본 논문에서는 적응적 교수 시스템을 지원하기 위하여 학습자들의 학습 특성을 모니터링하고 분석하여 학습자에 적합한 학습 내용을 조언하고 학습 특성에 따라 학습내용을 변화시켜 동적으로 구성하는 에이전트 시스템을 구현하고 있다. 또한 학습자들의 능력을 평가하고 각 수준에 맞는 학습내용을 제공하기 위해 퍼지 개념을 이용하고 있다.

퍼지 개념은 실세계의 부정확하고, 불완전하고 애매모호한 정보들을 효과적으로 다루고, 이를 통하여 합리적인 결정과 추론을 할 수 있다는 장점으로 의사 결정이나, 정보

\* 본 연구는 한국 과학 재단 목적 기초 연구(R04-2002-000-00145-0)지원으로 수행되었음.

† 정 회원 : 우석대학교 컴퓨터교육과 교수

†† 준 회원 : Carnegie Mellon University, Department of Computer Science, Post Doctoral Researcher

논문접수 : 2003년 4월 7일, 심사완료 : 2003년 9월 5일

분류 분야 등 여러 응용분야에서 이 퍼지 개념을 이용한 연구들이 수행되어왔다[13-15]. 특히, 교육분야에서 학습자를 평가하는 일은 많은 어려움이 따른다. 즉, 학습자의 능력을 평가하기 위해 관찰된 데이터들은 정확하지 않을 수 있고, 애매한 데이터를 포함할 수 있기 때문에 이를 판별하여 평가하는 일은 힘든 작업이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안으로 퍼지 집합(fuzzy set)을 이용하기 위한 연구들이 수행되고 있다[8-11].

본 논문에서는 이러한 퍼지 개념을 이용하여 학습자 수준에 적합한 학습내용을 제공하기 위해, 학습 목표의 중요도, 학습목표와 학습내용과의 관련도, 각 학습내용의 난이도를 부여하고 각 항목별 수준 집합을 소속성 함수에 의해 퍼지 집합으로 구성한다. 평가 단계에서도 학습자 수준에 맞는 평가 문항을 제공하기 위해 문제의 난이도와 학습 내용과의 관련도를 고려한다. 제공된 문항의 평가 결과는 평가문항의 난이도와 평가 문항에 대한 정답 여부에 따라 학습내용에 대한 성취도가 퍼지 언어 변수로 결정된다. 이러한 학습 성취도와 평가 문항의 수준을 토대로 학습자의 학습 수준이 판별되며, 학습 수준에 따라 학습자에게 제공되는 학습내용이 달라진다. 학습에 대한 평가 단계에서 오답을 냈을 경우, 그 문제에 가장 적합한 학습 내용을 추천하여 학습자에게 힌트를 제공함으로써 스스로 학습하는데 도움이 되도록 한다. 또한 학습자의 학습 과정을 모니터링하여, 학습 내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습 내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학습자에게 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로서 웹 기반 적응형 교수 시스템, 에이전트 기반 교수 시스템과 퍼지 개념을 적용한 교수 시스템들의 장.단점을 살펴본다. 3장에서는 본 연구에서 제안하고 있는 시스템의 구성 및 특징들에 대해 기술하고, 4장에서 퍼지 함수에 의한 학습내용의 수준별 분류, 퍼지 함수를 이용한 학습 성취도 판별, 학습 수준 추정에 대해 기술한다. 5장에서 실험 및 분석에 대해 논의하고, 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 웹 기반 적응형 교수 시스템

Brusilovsky[16]는 수업의 목적과 학습 형태에 따라 적응

적 웹 기반 교수 시스템의 유형을 웹 기반 지능적 교수 시스템과 웹 기반 적응적 하이퍼미디어 시스템으로 분류하였다. 웹 기반 지능적 교수 시스템은 학습자의 문제 해결 또는 학습과제 수행을 분석하고 이에 따라 적응적 피드백을 제공해 주는데 초점을 둔 것으로, 보다 지시적인 교수자 중심의 전통적인 인공지능을 기반으로 한 지능적인 교수 시스템이다. 이러한 지능적 교수 시스템은 구성주의 인식론에서 강조하고 있는 자기 주도적이고 자율적인 학습을 저해할 수 있다는 문제점이 지적되고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 새로운 방향으로 웹 기반 적응적 하이퍼미디어 시스템이 등장하였다. 이 적응적 하이퍼미디어 시스템은 학습자가 학습 목적과 능력, 기호 등 개별적 특성에 따라 다양한 멀티미디어 학습자료를 하이퍼링크를 통해 탐색할 수 있도록 지원해주는 것으로 보다 유연한 학습자 중심의 탐색기법을 기반으로 한 시스템이다. 최근에 개발된 적응적 웹 시스템에 제공되는 대부분의 코스웨어들은 지능적 교수 시스템들이 제공하는 문제해결 중심의 수업 환경과 하이퍼텍스트 또는 하이퍼미디어의 탐색적 학습 환경을 통합한 형태를 띄고 있다. <표 1>은 적응적 웹 기반 시스템의 특징을 설명한 것이다.

### 2.2 에이전트 기반 교수 시스템

교육적인 관점에서 에이전트를 정의해보면 다음과 같다. 먼저, 에이전트란 사용자(학습자, 교수자)를 대표 혹은 대신해서 사용자가 해야 할 작업을 자동으로 수행하는 소프트웨어로, 학습자의 행동 양식을 관찰하고 학습하여 정보 공간에서 생성된 학습자 행동 양식을 기반으로 학습자가 해야 할 작업을 자동으로 수행해주는 것으로 정의될 수 있다 [1]. 이러한 에이전트를 기반으로 하여 개발된 교수 시스템들을 살펴보면 다음과 같다.

취약성 분석 알고리즘을 이용한 연구로서, 학습자 중심의 코스 스케줄링 멀티 에이전트 시스템을 제안하고 있다[2]. 이 시스템에서는 학습을 지속적으로 모니터링하고 평가하여 학습자의 학습 성취도를 계산하며, 이 성취도를 에이전트의 스케줄에 적용하여 학습자에게 적합한 코스를 제공하고 있다. 학습자 개인의 코스에 대한 이해 수준과 학습 효과에 대한 피드백을 지속적으로 에이전트가 학습하여 최적의 스케줄링된 코스를 서비스함으로써 학습자에게 학습의 효과를 이룰 수 있도록 하였다. 그러나, 이 연구에서는

<표 1> 적응적 웹 기반 시스템 구성 요소들의 특징

종 류	활용 기술	활용 기법	기 능	교육 방법
지능적 교수 시스템	고전적 인공지능	<ul style="list-style-type: none"> <li>교육과정 계열화 기법</li> <li>상호작용 문제해결 지원 기법</li> <li>예제 중심의 문제해결 기법</li> <li>학습자의 해결방안에 대한 지능적인 분석 기법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습과제 선정 및 계열화</li> <li>학습문제에 필요한 자료 제공</li> <li>학습결과 평가</li> </ul>	지시적인 교수자 중심의 수업
적응적 하이퍼 미디어 시스템	탐색 기법 기반의 하이퍼 미디어	<ul style="list-style-type: none"> <li>적응적 제시 기법,</li> <li>적응적 탐색지원 기법</li> <li>적응적 협력 활동 지원 기법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습 수준에 따른 학습 내용 제시</li> <li>학습자의 학습구조 파악과 탐색을 지원</li> <li>다양한 학습자에 관한 지식을 이용 협력 학습을 지원</li> </ul>	학습자 중심의 개별 학습

초기에 학습자의 수준을 고려한 수준별 학습과 평가를 고려하지 않고 있으며, 차기 학습의 경우에도 학습자의 학습 수준을 고려하고 있지 않기 때문에 적응성 있는 교수 학습을 제공하는데 한계가 있다.

학습자의 웹 활동에 대한 프로파일에 기초하여 적응적 코칭이나 피드백을 제공하여 학습자가 웹 기반 수업이나 학습에 활발히 참여할 수 있도록 CAL(Character Agent for Learning) 시스템이 개발되었다[6]. 이 시스템은 인터페이스 에이전트, 캐릭터 에이전트, 모니터 에이전트, 학습자 에이전트들을 활용해서 학습자에게 적응적 학습 환경을 제공할 수 있도록 하였다. 그런데, 적응적 학습을 제공하기 위해서는 코스웨어의 구성이 구조적으로 정의되어, 학습자의 분석된 특성에 따라 동적으로 학습내용을 구성하여 학습자에게 제공하는 것이 필요하지만, 이 연구에서는 이에 대한 자세한 기술이 없다.

2.3 퍼지개념을 이용한 웹 기반 교수 시스템

웹 기반 교수 시스템을 개발하는데, 퍼지 개념을 이용하여 구현한 시스템들로 다음과 같은 연구들이 존재한다.

원격 학습 시스템에서 퍼지 논리에 의한 학습자의 지식을 평가하는 방법이 제시되었다[8]. 이 연구에서는 각 평가 문제를 난이도에 따라 hard, moderate, easy에 소속되는 소속성을 부여한 후 퍼지 함수를 통해 문제 집합을 advanced, intermediate, basic으로 구분한다. 학습자가 문제를 풀이한 후 정답 수에 따라 low, satisfactory, high, excellent로 수준을 구분하고, 이 수준과 평가 문제의 수준에 따라 다음 평가 문제 수준을 결정한다. 이 연구의 목적은 수준에 맞는 반복적인 평가를 통해 학습자가 일정한 수준에 도달할 수 있도록 도와주는데 있다. 그러나 이 연구에서는 학습자의 수준 판별에 평가 항목의 난이도만을 고려할 뿐 수준 평가의 여러 다양하고 불확실한 요소들을 고려하지 않고 있다.

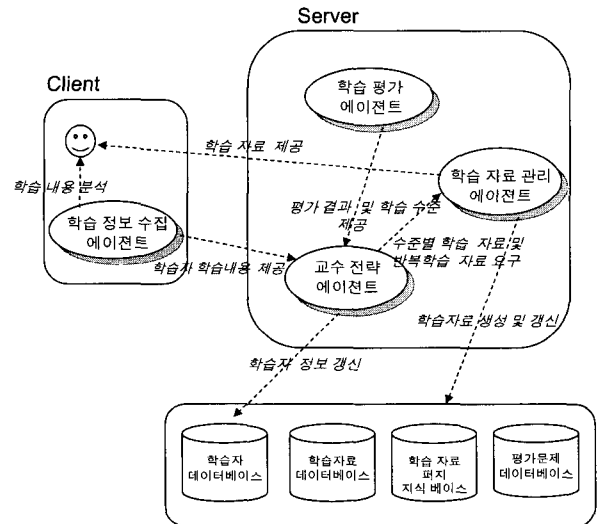
한편, 퍼지 소속성 함수를 이용하여 학습 결과의 수준을 평가하는 방법으로서, 평가 문제의 중요도와 난이도, 복잡도, 그리고 시간을 고려하고 있다[9]. 즉, 문제 풀이에 허용된 시간의 상한 값과 하한 값에 비해 실제 문제 풀이에 소요된 시간을 비교하여 해결된 평가 문제 결과의 소속성을 퍼지 함수를 이용하여 구함으로써 제한된 시간내에서의 문제 해결의 정확성을 구한다. 평가 문제의 난이도와, 복잡도, 중요도에는 각각의 가중치를 주어 퍼지 소속성을 구하고 있다. 각 요소에 대한 퍼지 소속성은 정규화 과정을 거쳐 전체적인 평가 결과가 'very good', 'good', 'medium', 'bad', 'very bad'로 도출된다. 그러나 이 연구에서는 학습자가 입한 학습 내용의 수준을 고려하지 않고 평가 문제가 일괄적으로 제공되기 때문에 학습자의 개별적인 학습 성취에 따른 수준 판별이 어렵다.

3. 퍼지 집합 기반 에이전트 시스템의 설계

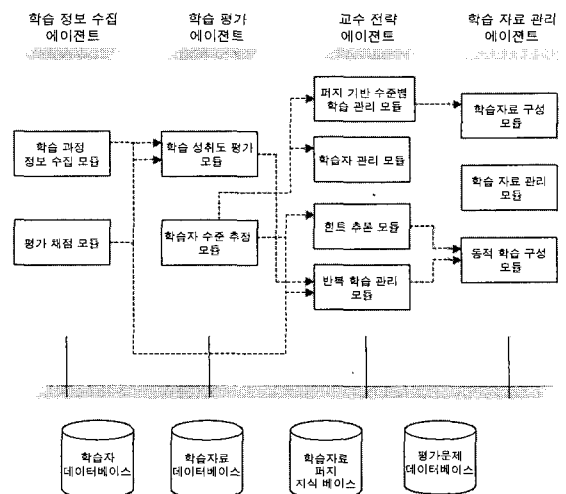
본 연구에서는 웹 기반 적응형 교수 시스템으로 퍼지 집

합에 기초한 에이전트 시스템을 제안하고 있으며, 이 시스템은 다음과 같은 특징을 지닌다.

- 학습 과정 중에 있는 학습자의 학습 특성을 지속적으로 모니터링하고 분석한다.
- 평가 단계에서 학습자가 오답을 냈을 경우, 적절한 힌트를 추론하여 피드백으로 학습 자에게 제공함으로써 다시 한번 시도할 수 있도록 한다.
- 평가 후, 반복 학습을 위해 학습자의 학습 특성에 맞는 학습내용을 동적으로 구성하여 제공한다.
- 적응성 있는 학습 내용을 제공하기 위해 코스웨어를 구조적으로 정의하여 관리한다.
- 퍼지 집합에 기반하여 학습자의 수준에 적합한 학습내용과 평가 내용을 제공한다.
- 퍼지 평가에 의한 학습자의 학습 성취도를 판별하고 학습 수준을 추정한다.



(그림 1) 시스템 구성



(그림 2) 시스템 구성 모듈

본 시스템은 (그림 1)과 같이 4개의 에이전트들과 3개의 데이터베이스, 1개의 지식 베이스로 구성된다. 4개의 에이전트들은 학습정보 수집 에이전트, 학습평가 에이전트, 교수전략 에이전트, 학습자료 관리 에이전트로서, 세부 기능은 각 절에서 설명되며, 각 에이전트를 구성하는 모듈들은 (그림 2)에 보여진다.

3.1 학습정보 수집 에이전트

본 에이전트는 정보 에이전트와 이동 에이전트의 특징을 갖는 에이전트로서, 사용자가 학습을 시작하면 사용자 시스템으로 이동하여 사용자의 학습 정보를 수집하는 일을 수행한다. (그림 2)와 같이 크게 두 모듈로 구성이 되며, 학습과정 정보수집 모듈은 학생이 학습을 진행하면서 학습한 경로 및 학습 횟수, 학습 시간 등의 정보를 모니터링하여 학습평가 에이전트와 교수 전략 에이전트에 전달한다. 평가 채점 모듈도 학습자의 평가 문제의 답안을 채점 한 후, 그 결과를 학습 평가 에이전트와 교수 전략 에이전트에 보낸다.

3.2 학습 평가 에이전트

본 에이전트는 타스크 에이전트의 특징을 가지며, 학습정보 수집 에이전트로부터 전달받은 학습자의 학습 정보와 채점 결과를 바탕으로 하여 학습자의 학습 성취도를 평가한다. (그림 2)와 같이 두 개의 모듈로 구성되며, 학습 성취도 모듈은 학습 정보와 평가 결과를 이용하여 학습자들의 학습 성취도를 판별하게 되며, 퍼지 평가에 의해 이루어진다. 학습 수준 추정 모듈은 학습 성취도와 학습자에게 주어진 평가 문제의 수준을 이용하여 학습자의 학습 능력을 추정하게 된다. 이 학습 평가 에이전트에 의해 구해진 결과는 교수 전략 에이전트에 전달된다. 각 모듈에 대한 자세한 설명은 4.2절과 4.3절에서 설명된다.

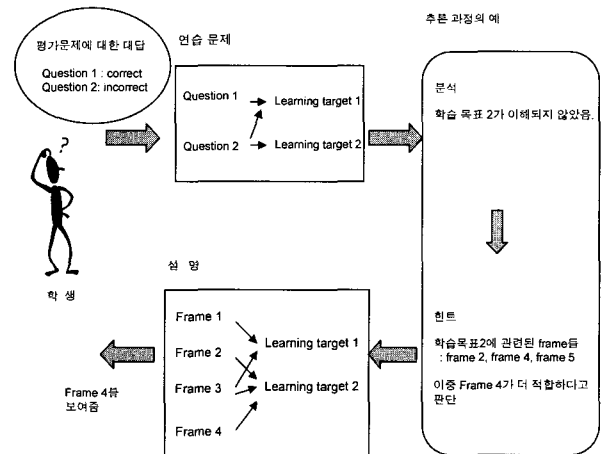
3.3 교수 전략 에이전트

본 에이전트는 타스크 에이전트의 특징을 가지며, 학습정보 수집 에이전트와 학습 평가 에이전트로부터 정보를 전달받아 학습자의 학습 특성에 맞는 조언을 제공하고, 차기 학습시 학습자의 수준에 맞는 학습이 이루어 질 수 있도록 한다. 이 에이전트는 (그림 2)와 같이 크게 학습자 관리 모듈, 퍼지 기반 수준별 학습 관리 모듈, 힌트 추론 모듈, 반복 학습 관리 모듈들로 구성된다. 학습자 관리 모듈은 학습자의 학습 성취도와 학습 수준의 정보를 전달받아, 학습 후 학습자에게 적절한 조언을 제공하고, 학습자 정보를 갱신한다. 퍼지 기반 수준별 학습 관리 모듈은 학습자의 수준에 따라 학습내용을 제공하기 위해, 퍼지 집합에 기반하여 코스웨어에서 고려하고 있는 각 항목의 수준별 집합을 구성 및 관리한다. 이에 대한 설명은 4장에서 자세히 기술된다. 힌트 추론 모듈은 평가 단계에서, 학습자가 힌트를 요구할 경우에 추론 과정을 거쳐 적합한 학습 내용을 제공하는 일을 수행하며, 반복 학습 관리 모듈은 평가 후 학습자에게

반복 학습이 필요한 내용을 동적으로 구성하여 제공하기 위해 학생의 학습 내용과 평가 결과를 분석하여 학습 자료 관리 에이전트에게 전달한다. 다음은 이 모듈들에 대한 설명이다.

3.3.1. 힌트 추론 모듈

본 시스템에서는 평가 단계에서 학습자가 오답을 냈을 경우, 그 문제에 대한 피드백으로서 힌트를 제공하여 다시 한번 그 문제를 풀 기회를 준다. 그 문제에 대한 힌트를 제시할 경우, 그 문제에 적합한 학습 내용이 제공되어야 한다. 이를 위해, 코스웨어의 논리적인 구조를 이용하여 추론을 하며, 이 경우에도 4.1 절에서 기술되는 퍼지 함수에 의한 학습내용의 수준별 분류를 이용하여 학습자의 학습 수준에 따라, 적합한 프레임들을 보여준다. (그림 3)은 이에 대한 과정을 보여주고 있다.



(그림 3) 추론 과정

(그림 3)에서 볼 수 있는 바와 같이, 각 문제와 관련된 학습 목표를 분석하고, 다시 이 학습 목표에 관련된 학습 내용을 분석하여 추론을 하고 있다.

학습자가 문제 1과 문제 2를 풀어 문제 1은 정답을, 문제 2는 오답을 냈을 경우, 시스템은 문제 2에 적합한 힌트를 제공하기 위해 다음과 같은 추론 과정을 수행하게 된다. 문제 2에 관련된 학습 목표는 1과 2가 해당된다. 그러나, 문제 1은 옳게 답하였으므로, 문제 1에 관련된 학습 목표 1은 이해가 되었음을 알 수 있고, 학습 목표 2가 이해되지 않았음을 알 수 있다. 이 경우, 학습 목표 2에 관한 힌트를 제공하기 위해, 적합한 학습 내용이 선택되어야 한다. (그림 3)에서 볼 수 있는 바와 같이, 학습 목표 2에 관련된 프레임들은 프레임 2, 프레임 3, 프레임 4로서 모두 3개가 해당된다. 이 경우, 학습자의 학습 수준이 하위라면 프레임 2, 프레임 3, 프레임 4 중, 학습목표와 프레임들간의 관련성과 프레임의 난이도가 “basic” 수준 집합에 일정 임계치 이상의 소속성을 지닌 프레임만을 보여준다. 이 과정에 대한 알고리즘은 (그림 4)와 같다.

```

Procedure Providing_Hint_using_Inference( )

Q : question, LT_S : Learning target set,
L_L : Learning level of student, F : frame, F_S : Frame set,
lt_f_deg : Relation degree between Learning target and Frame,
f_deg : Difficulty degree of Frame
μF(u) : Membership degree of u in fuzzy set F

If there is a Q which has incorrect answer then
seek LT_S related to the Q
for each LT ∈ LT_S
seek inversely the Q which has correct answer
if there is the Q then
LT_S = LT_S - LT

While (true)
seek the F related to LT
if there is the F then
check whether μL_L(lt_f_deg) ≥ threshold value &
μL_L(f_deg) ≥ threshold value
if the F is satisfied then,
F_S = F_S + F
else exit while

show the F_S to student as hints
    
```

(그림 4) 추론 과정에 대한 알고리즘

### 3.3.2 반복 학습 관리 모듈

본 시스템에서는 평가 단계에서 힌트를 제공할 뿐 아니라, 평가를 다 마친 후에 평가 결과를 분석하여 학습자에게 반복시킬 학습 내용을 동적으로 구성하여 학습자에게 제공한다. 그런데, 이 반복학습에서, 학습자가 학습한 내용을 무조건 다시 제공할 경우에는 그 중에 이해를 하고 학습이 잘 이루어진 내용도 포함되기 때문에 학습의 효과가 떨어지고, 지루해 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 다음과 같이 학습내용을 크게 두 가지로 구분하여 분석한다. 먼저, 학습한 내용 중에서 이해가 충분히 되지 않아 오답을 낸 경우와, 학습이 이루어지지 않아 오답을 낸 경우로 구분된다. 첫 번째는 반복 학습을 할 경우에 참조되며, 두 번째는 학습을 다시 시작 할 경우에 참조되도록 한다. 위와 같은 과정을 수행하기 위해서는 우선, 학습자의 학습 내용과 평가 내용과의 관련성 정보를 알고 있어야 한다. 그런데, 이 정보들은 코스웨어의 논리적 구조를 통하여 쉽게 얻어질 수 있다.

학습자가 학습을 수행하는 동안, 시스템은 저장된 학습 정보와 평가 내용을 검사하여 이들의 관련성 정보를 테이블에 유지한 다음, 분석 과정을 수행한다. <표 2>는 이에 관한 테이블 정보를 보여주고 있다.

<표 2>에서 학습 여부를 학습이 이루어진 경우는 T로 표시하고, 학습이 이루어지지 않은 경우는 F로 표시하고 있다. 또한 분석 정보에서 C(complete)는 학습이 이루어진 프레임에 관련된 문제를 맞춘 경우로서 학습이 잘 이루어졌음을 나타내고 있으며, R(review)은 학습이 이루어진 프레임에 관련된 문제 중, 틀린 문제들에 대해 표시한 것으로서, 이 문제에 관련된 학습 내용에 대해 충분한 이해가 이루어지지 않았음을 의미하는 것으로서 재학습이 요구됨을

나타낸다. K(know)는 학습은 이루어지지 않았지만, 문제를 해결한 경우를 나타내며, N(no study)은 학습이 이루어지지 않은 문제에 대해서 틀린 경우를 나타내는 것으로, 학습을 다시 시작할 경우에 참조될 수 있다.

<표 2> 학습 내용과 평가 결과 분석

학습내용	학습여부	관련성 평가문제	평가 결과	분석 정보	기 타
프레임 1	T	문제 1	○	C	
프레임 2	T	문제 2	○	C	
		문제 4	×	R	
프레임 3	T	문제 3	×	R	
프레임 4	F	문제 4	×	N	
프레임 5	T	문제 5	○	C	
		문제 7	○	C	
프레임 6	F	문제 6	○	K	
프레임 7	T	문제 7	○	C	
프레임 8	T	문제 7	○	C	
		문제 8	×	R	
		문제 9	○	C	

\* C : Complete, R : Review, N : No study, K : Know

학습 평가가 이루어진 후, 재학습을 위한 내용을 학습자에게 제공하기 위해 시스템에서는 분석 정보를 토대로 그 내용이 R인 프레임들만을 동적으로 연결하여 학습 내용을 구성하게 되며, 이때 학습자들의 수준에 적합한 프레임들만을 동적으로 연결하게 된다.

<표 2>에서는 프레임 2, 프레임 3, 프레임 8이 동적으로 연결된다. (그림 5)는 이 과정에 대한 알고리즘을 보여주고 있다.

```

Procedure Constructing_Individual_Repeat_Learning( )

Q : question, L_F : information field of frame, F : frame,
RF_S : Repeat Frame Set

for each Q which a learner solve,
check whether the Q is correct or not
if the Q has incorrect answer then
seek the F related to the Q
for each F
check whether the F is learned by student or not
if the F is learned then
L_F = 'R'
RF_S = RF_S + F.
else
L_F = 'K'
else
seek the F related to the Q
for each F
check whether the F is learned by student or not
if the F is learned then
L_F = 'C'
else
L_F = 'C'
show the FR_S to student
    
```

(그림 5) 반복학습을 위한 동적 구성

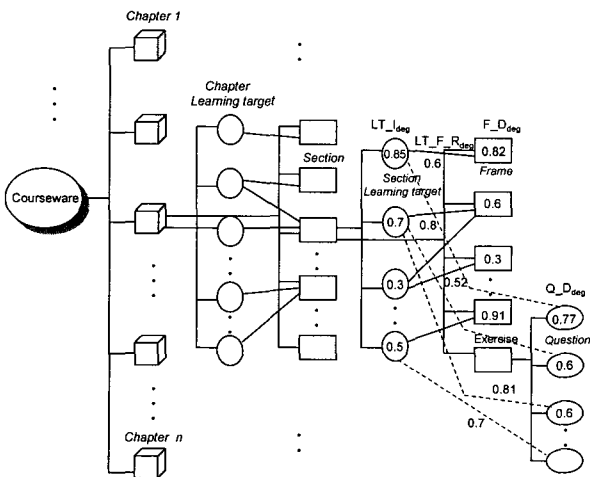
3.4 학습 자료 관리 에이전트

본 에이전트는 TASK 에이전트의 특징을 가지며, 학습 자료 데이터베이스를 관리하고, 교수 전략 에이전트로부터 전달받은 정보를 바탕으로 학습자 특성에 맞는 학습내용을 구성하여 제공하는 일을 수행하게 된다. (그림 2)와 같이 학습 자료 구성 모듈, 학습 데이터베이스 관리 모듈, 동적 학습 구성 모듈들로 구성된다. 학습 자료 구성 모듈은 학습자 수준에 맞는 학습 내용과 평가문제를 구성하여 학습자에게 제공한다. 학습 데이터베이스 관리 모듈은 새로운 학습 내용을 추가, 변경, 삭제 등을 수행하며, 학습 자료 퍼지 지식 베이스의 구조를 정의하고 관리하는 일을 수행한다. 동적 학습 구성 모듈은 교수 전략 에이전트로부터 학습자의 반복학습에 필요한 정보를 제공받아, 그에 따른 학습 내용을 구성하여 학생에게 제공한다. 3.4.1은 본 시스템에서 수준별 학습을 지원하기 위해 구성한 코스웨어의 구조를 기술한다.

3.4.1 수준별 학습을 위한 코스웨어 구성

본 논문에서는 코스웨어의 설계 시 학습 목표를 정의함으로써 학습에서 도달되어야 할 내용을 좀더 명확히 나타낼 수 있도록 하고, 이 학습 목표와 학습 내용 사이의 대응 관계를 이용하여 평가 과정에서 학습자가 오답을 냈을 경우, 이에 적절한 학습 내용을 힌트로서 제공하기 위한 추론 과정이 수행된다. 본 시스템에서 제공되는 코스웨어의 구조는 (그림 6)과 같다. 각 코스웨어는 크게 여러개의 장(chapter)들로 구성되고, 각 장은 여러개의 절(section)들로 구성된다. 또한 각 절은 학습의 주제 단위인 프레임(frame)들로 구성된다.

이 구조에서 각 장마다 학습 목표(learning target, LT)를 정의하고 있으며, 각 절은 각 장의 학습 목표와 대응 관계가 정의된다. 또한 각 절마다 세부적인 학습 목표가 정의되어 있으며, 각 학습 목표와 연관되어 프레임들이 정의되어 있다. 각 프레임에는 연관된 평가 문제(question)가 있으며, 평가 문제 역시 학습 목표와 대응 관계가 있다.



(그림 6) 코스웨어 지식 구조

수준별 학습 내용의 제공을 위해 각 절의 학습 목표(LT, Learning Target)에 중요도인  $LT\_I_{deg}$  (A degree of importance for Learning Target), 학습목표와 프레임들간의 관련성인  $LT\_F\_R_{deg}$  (A degree of relation between Learning Target and Frame), 학습목표와 평가문제들간의 관련성인  $LT\_Q\_R_{deg}$  (A degree of relation between Learning Target and Question), 프레임의 난이도인  $F\_D_{deg}$  (A degree of difficulty for Frame), 평가 항목의 난이도인  $Q\_D_{deg}$  (A degree of difficulty for Question)가 각각 코스웨어 구성자에 의해 [0, 1] 사이의 값으로 부여된다.

4. 퍼지 집합에 의한 수준별 학습

본 장에서는 3장의 시스템 설계에서 언급된 교수전략 에이전트의 퍼지 기반 수준별 학습 관리 모듈에서 학습자의 수준에 따라 적절한 학습 내용을 제공하기 위해 퍼지 집합에 기반한 방법을 4.1절과 4.2절에서, 학습 평가 에이전트의 퍼지 평가에 의한 학습 성취도 판별 모듈과 학습 수준 추정 모듈에 대해 4.3절과 4.4절에서 기술한다.

4.1 학습자 수준의 분류

학습자의 수준에 적합한 학습 내용을 제공하기 위해서 본 시스템에서는 다음과 같이 학습자의 수준을 분류한다. 학습자의 수준 집합  $L_S$ 은 다음과 같이 5단계로 정의한다.

$$L_S = \{ poor, basic, moderate, high, excellent \}$$

학습자의 수준 집합에서 가장 낮은 단계인 poor는 학습 수준이 매우 저조한 상태를 의미하며, 현재 학습할 내용보다는 그 학습과 관련된 선수 학습에 관한 내용을 학습할 수 있도록 조연한다. Excellent는 가장 수준이 높은 단계를 의미한다.

<표 3> 학습자 수준에 따른 각 항목별 학습 내용의 집합 기준

Student level \ Item	$LT\_I_{deg}$	$LT\_F\_R_{deg}$	$F\_D_{deg}$
basic	most important	most related	easy
moderate	from most important to more important	from most related to more related	from easy to medium
high	from most important to more or less important	from most related to more or less related	from medium to difficult
excellent	from most important to less important	from most related to less related	difficult

코스웨어로부터 제공되는 학습 내용은 학습자의 수준에 따른 학습 목표의 중요도, 학습목표와 프레임과의 관련도, 프레임의 난이도가 고려되어 제공된다. 예를 들어, 학습자의 수준이 낮은 경우에는 먼저, 학습목표의 중요도가 높은 학습목표가 선택되고, 이들과 관련된 프레임들 중에서 관련도

가 높은 프레임들이 선택되며, 선택된 프레임들 중에서 난이도가 낮은 프레임들이 학습자에게 제공된다. 학습자의 수준이 중간인 경우에는 중요도가 높은 것에서 중간정도까지인 학습 목표가 먼저 선택되고 이와 관련된 프레임 중에서 관련도가 높은 것에서 중간 정도까지인 프레임이 추출되며, 이들 중 난이도가 쉬운 것부터 중간정도까지의 프레임들의 집합이 구성되어 학습자에게 제공된다. 다음 표는 각 학습자 수준별로 구성되는 학습 내용 집합의 기준을 보여주고 있다.

4.2 퍼지 수준 집합을 구성하기 위한 각 항목별 소속성 함수들

학습 목표의 중요도, 프레임과의 관련도, 프레임의 난이도에 따른 각 항목의 수준별 집합을 구성하는데 이 집합은 경계가 명확하지 않은 퍼지 집합으로서 각각의 소속성 함수에 의해 정의된다. 다음은 소속성 함수에 의한 퍼지 집합의 정의이다.

일반 대집합 U에서 퍼지 집합 F는 다음과 같은 소속성 함수에 의하여 정의된다.

$$\mu_F : U \rightarrow [0, 1]$$

여기서,  $u \in U$  일때,  $\mu_F(u)$ 는 퍼지 집합 F에서 u의 소속성 정도를 표시한다. 위의 정의에 기초하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F = \{ \mu_F(u_1)/u_1, \mu_F(u_2)/u_2, \dots, \mu_F(u_n)/u_n \}$$

for all  $u_i \in U, 1 \leq i \leq n$

이 소속성 함수는 각 항목에 부여된 값에 따라 <표 3>에서 예시하는 것과 같이 각 학습자의 수준에 맞게 제공되어야 할 각 항목의 수준별 집합을 정의하기 위해 사용된다. 예를 들어, 난이도에 의한 "high" 퍼지 수준 집합은 난이도가 의미적으로 "from medium to difficult"에 일정한 임계값 이상으로 해당하는 프레임 집합이다.

다음은 퍼지 수준 집합을 구성하기 위한 각 항목별 소속성 함수들이다.

$$\mu_{\text{excellent}}, \mu_{\text{high}}, \mu_{\text{moderate}}, \mu_{\text{basic}} : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$$

- 학습목표의 중요도(LT<sub>Ideg</sub>), 학습목표와 프레임의 관련도(LT<sub>F\_Rdeg</sub>)에 관한 소속성 함수 :

$$\mu_{\text{excellent}}(x) = \begin{cases} 1/(1+((c_1-x)/k)^2), & x \leq c_1 \\ 1, & x > c_1 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{high}}(x) = \begin{cases} 1/(1+((c_2-x)/k)^2), & x \leq c_2 \\ 1, & x > c_2 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{moderate}}(x) = \begin{cases} 1/(1+((c_3-x)/k)^2), & x \leq c_3 \\ 1, & x > c_3 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{basic}}(x) = \begin{cases} 1/(1+((c_4-x)/k)^2), & x \leq c_4 \\ 1, & x > c_4 \end{cases}$$

- 프레임의 난이도(F<sub>Ddeg</sub>)에 관한 소속성 함수 :

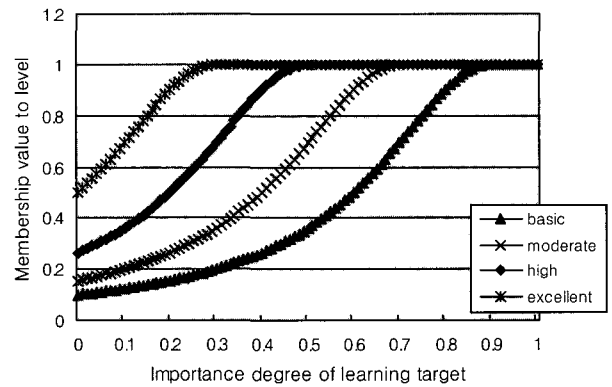
$$\mu_{\text{excellent}}(x) = \begin{cases} 1.2/(1.3+((c_1-x)/k)^2), & x \leq c_1 \\ 1, & x > c_1 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{high}}(x) = \begin{cases} 1.2/(1.3+((c_2-x)/k)^2), & x \leq c_2 \\ 1, & x > c_2 \end{cases}$$

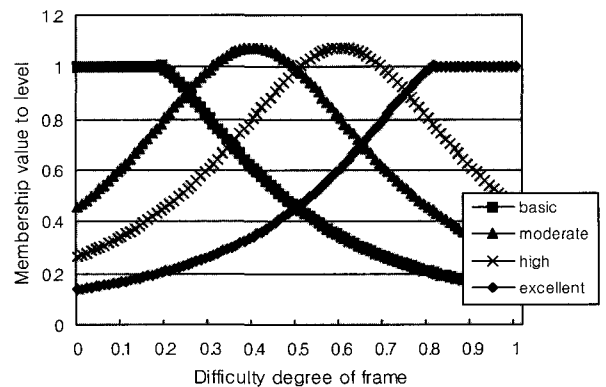
$$\mu_{\text{moderate}}(x) = \begin{cases} 1.2/(1.3+((x-c_3)/k)^2), & x \geq c_3 \\ 1, & x < c_3 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{basic}}(x) = \begin{cases} 1.2/(1.3+((x-c_4)/k)^2), & x \geq c_4 \\ 1, & x < c_4 \end{cases}$$

각 함수에서 k와  $c_1, c_2, c_3, c_4$ 는 소속성 함수의 가변성을 주기 위해 전문가에 의해 입력된다고 가정한다. 만약 학습목표의 중요도에 대한 소속성 함수에서  $k=0.3$ 로,  $c_1=0.9, c_2=0.7, c_3=0.5, c_4=0.3$ 로 가정하였을 경우 (그림 7)과 같이 각 항목의 값이 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다. 또한 프레임의 난이도에 대한 소속성 함수에서는  $c_1=0.7, c_2=0.6, c_3=0.4, c_4=0.2$ 로 가정하였을 경우 (그림 8)과 같이 각 항목의 값이 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다.



(그림 7) 학습목표 중요도의 소속성



(그림 8) 프레임 난이도의 소속성

수준집합  $L_C = \{ excellent, high, moderate, basic \} \subset L_S$  이라 하고,  $lt$ 를 학습 목표,  $lt_{deg}$ 를 학습 목표에 부여된 중요도라 하자. 이때 임계값  $\alpha$  이상의 중요도에 의한 학습 목표의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의한다.

$$LT(l)_\alpha = \{ lt \mid \mu_l(lt - i_{deg}) \geq \alpha, l \in L_C \}$$

$f$ 를 프레임이라 하고,  $lt, f, r_{deg}$ 를 학습목표와 프레임사이의 관련도라 하면, 임계값  $\alpha$  이상의 관련도에 의한 학습목표와 프레임의 순서쌍으로 이루어진 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$LT-F(l)_\alpha = \{ (lt, f) \mid \mu_l(lt - f - r_{deg}) \geq \alpha, l \in L_C \}$$

$f_{deg}$ 를 프레임에 부여된 난이도라 할 때, 임계값  $\alpha$  이상의 난이도에 의한 프레임의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$F(l)_\alpha = \{ f \mid \mu_l(f - d_{deg}) > \alpha, l \in L_C \}$$

학생의 각 수준별로 제공되는 프레임의 집합은 다음과 같이 구성된다.

$l \in L_C$ 이고,  $i_\alpha, r_\alpha, d_\alpha$ 를 각각 중요도, 관련도, 난이도에 대한 임계값이라고 할 때, 학생의 수준별로 제공될 프레임의 집합  $C(l)_\alpha$ 은 다음과 같이 구성된다.

$$C(l)_\alpha = \{ f \mid lt \in LT(l)_{i_\alpha}, (lt, f) \in LT-F(l)_{r_\alpha}, f \in F(l)_{d_\alpha} \}$$

여기서  $\alpha' = (i_\alpha, r_\alpha, d_\alpha)$

예를 들어 학습 수준이 상위(high)이고 각각의 임계치가 0.7이라고 할 경우, 학습목표의 중요도가 “high” 수준집합(from most important to more or less important)에 소속되는 소속성이 임계값 0.7 이상인 학습 목표가 선택되고, 그 선택된 학습목표와 프레임들간의 관련성이 “high” 수준 집합(from most related to more or less related)에 임계값 0.7 이상으로 소속되는 프레임들이 선택되며, 그 프레임들 중 난이도가 “high” 수준집합(from medium to difficult)에 임계값 0.7 이상의 수준에 소속되는 프레임들이 학습자에게 제공된다.

즉, 학습 수준이 높은 학습자의 경우에는 해당 단원의 학습목표를 모두 포함하는 다양한 학습내용과 심도있는 학습을 수행할 수 있도록 하고, 수준이 낮은 학습자인 경우에는 해당 단원에 대한 학습목표의 중요도가 높고 학습 목표와 프레임의 관련성이 높고, 프레임의 난이도가 낮은 내용을 구성하여 제공하도록 한다.

학습자의 수준에 따라 제공된 학습 내용을 학습 한 후, 학습한 프레임과 관련된 평가 문항 중 평가 문항 난이도의 각 수준별 소속성을 고려하여 학습자의 수준에 맞게 평가 문항을 학습자에게 제공하도록 한다. 평가문항 난이도의 각 수준별 소속성 함수는 k, c1, c2, c3, c4만을 달리한 프레임

난이도의 소속성 함수를 사용한다.

소속성 함수를 이용한 평가 문항의 퍼지 수준별 집합은 다음과 같이 정의된다.

$q$ 를 평가문항이라 하고,  $q_{deg}$ 를 평가문항에 부여된 난이도라 할 때, 임계값  $\alpha$  이상의 난이도에 의한 평가문항의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$Q(l)_\alpha = \{ q \mid \mu_l(q - d_{deg}) > \alpha, l \in L_C \}$$

평가 문항은 학습자의 수준에 따라 구성되어 제공되므로, 학습자는 수준에 맞는 학습을 한 후, 수준에 맞는 적절한 평가 문제를 통한 학업 성취에 대한 진단이 효과적으로 이루어 질 수 있다. 또한, 이를 통해 심화 학습 수준과 다음 단계 학습의 수준을 결정할 수 있다.

### 5. 실험 및 타 시스템들과의 비교 분석

#### 5.1 실험

본 연구의 실험 분석을 위해 중학교 2학년 수학의 “다항식의 연산”부분에 대해 코스웨어를 구성하여 실험을 수행하였다. 5명의 전문 선생님들의 조언과 도움을 받아 코스웨어를 구성하였으며, 이를 기본으로 하여 학생들에게 학습내용과 평가 문항을 제시하였다.

먼저, 학생들에게 수준별로 적합한 학습내용을 제공하기 위해 초기의 학생들의 학습 수준은 교사에 의해 지정하도록 하였다. 20명의 학생들(basic : 4명, moderate : 7명, high : 6명, excellent : 3명)을 선발하여 각 수준에 맞는 학습내용과 평가문항에 대한 퍼지 집합을 구성하여 학생들에게 제공한 후, 평가 문항에 대한 평가 결과를 계산하고, 학습자 수준을 추정하였다.

<표 4>는 20명의 학습자들에 대해 학습을 한 후 제공된 평가 문항에 대한 평가 결과를 보여준다.

<표 4> 평가 문항에 대한 평가 결과

학생 id	평가 결과값	평가 결과의 수준	학생 id	평가 결과값	평가 결과의 수준
S <sub>1</sub>	0.432	ordinary	S <sub>11</sub>	0.197	bad
S <sub>2</sub>	0.275	bad	S <sub>12</sub>	0.783	good
S <sub>3</sub>	0.301	bad	S <sub>13</sub>	0.462	ordinary
S <sub>4</sub>	0.783	good	S <sub>14</sub>	0.610	ordinary
S <sub>5</sub>	0.393	ordinary	S <sub>15</sub>	0.915	good
S <sub>6</sub>	0.464	ordinary	S <sub>16</sub>	0.397	ordinary
S <sub>7</sub>	0.576	ordinary	S <sub>17</sub>	0.529	ordinary
S <sub>8</sub>	0.582	ordinary	S <sub>18</sub>	0.491	ordinary
S <sub>9</sub>	0.694	good	S <sub>19</sub>	0.784	good
S <sub>10</sub>	0.483	ordinary	S <sub>20</sub>	0.613	ordinary

<표 5>는 평가 문항에 대한 수준과 평가 결과를 토대로 학습 수준 추정 규칙에 의해 추정된 학습자들의 학습 수준

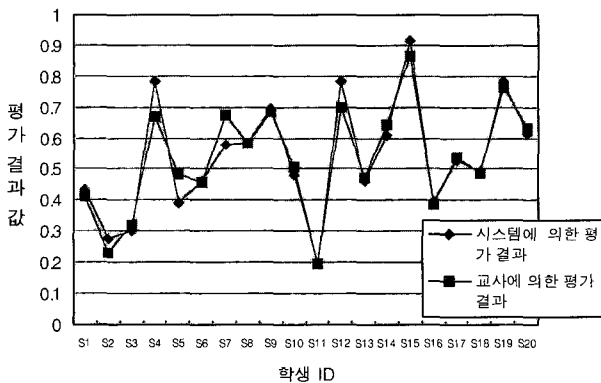


을 보여준다.

〈표 5〉 학습 수준 추정 규칙에 의해 추정된 학습자들의 학습 수준

학생 id	초기 학습 수준	평가후 추정된 학습 수준	학생 id	초기 학습 수준	추정된 학습 수준
S <sub>1</sub>	moderate	moderate	S <sub>11</sub>	excellent	high
S <sub>2</sub>	basic	poor	S <sub>12</sub>	moderate	high
S <sub>3</sub>	moderate	basic	S <sub>13</sub>	high	high
S <sub>4</sub>	basic	moderate	S <sub>14</sub>	moderate	moderate
S <sub>5</sub>	high	high	S <sub>15</sub>	high	excellent
S <sub>6</sub>	moderate	moderate	S <sub>16</sub>	basic	basic
S <sub>7</sub>	high	high	S <sub>17</sub>	high	high
S <sub>8</sub>	excellent	excellent	S <sub>18</sub>	excellent	excellent
S <sub>9</sub>	moderate	high	S <sub>19</sub>	high	excellent
S <sub>10</sub>	basic	basic	S <sub>20</sub>	moderate	moderate

(그림 9)는 시스템에 의해 문제가 학습자에게 제공되어 수행된 평가 결과와 교사들에 의해 선택되어 제공된 문항에 대한 평가 결과를 비교한 것이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 두 평가 결과는 큰 차이가 없음을 볼 수 있다. 두 그래프 간에 조금씩 나타나는 차이는 학생들에게 제공되는 평가 문제들이 다르게 선택되어 그 문제들에 대한 각 수준의 소속성이 다르기 때문에 발생된다.



(그림 9) 시스템과 교사에 의해 선택되어 제공된 문항에 대한 평가 결과의 비교

5.2 타 시스템들과의 비교 분석

〈표 6〉은 본 연구에서 개발한 시스템과 기존의 퍼지 개념을 이용한 웹 기반 교수 시스템들[8-11]과의 특징을 비교 분석한 것이다. 〈표 6〉의 분석 결과를 통해 볼 수 있듯이, 시스템 모두 학습 과정에서 학습자의 지식 수준을 평가하는 것을 기본적으로 지원하고 있음을 알 수 있다. 그러나, [8]의 연구에서는 학습자의 학습 성취도를 평가하기 위해 여러 요인들을 고려하고 있지만, 평가 결과에 따라 학습내용을 어떻게 동적으로 제공할 것인가에 대한 고려는 없다. 학습자의 학습 수준에 따라 적응성 있는 학습내용을 보다 효

과적으로 제공하기 위해서는 학습자의 학습과정을 모니터링하는 것이 우선적으로 요구되며, 또한 학습내용을 구조적으로 정의하고 관리하는 것이 요구되지만, [9]와 [11]의 연구에서는 이를 지원하고 있지 않다. 한편, 학습 후 평가 과정에서 학습자에게 힌트를 제공하거나 보충학습이 필요한 부분을 반복학습 할 수 있도록 조언해주는 것은 본 연구에서 제안한 시스템만이 지원하고 있다.

〈표 6〉 타 시스템들과의 비교 분석

특징 \ 시스템	[8]	[9]	[10]	[11]	본 시스템
학습수준 판별	○	○	○	○	○
학습내용의 구조적 구성	×	×	○	×	○
에이전트 기반	×	×	×	○	○
학습과정의 모니터링	×	×	○	○	○
적용성 있는 학습내용의 제공	×	△	○	○	○
반복학습 제공	×	×	×	×	○
추론을 통한 힌트 제공	×	×	×	×	○

○: 지원, △: 부분적 지원, ×: 지원하지 않음

6. 결 론

본 논문에서는 웹 기반 적응형 교수 학습 시스템을 개발하기 위해 학습자의 개별화된 특징에 맞는 수준별 학습내용과 그에 따른 평가 문제를 제공하기 위해 에이전트를 기반으로 하여 구현하고 있다. 또한 학습 내용을 퍼지 소속함수에 의해 퍼지 수준 집합으로 구성하여 제공한다. 학습자의 수준 판별시 제공된 문제의 난이도와 이의 정답 여부를 고려하여 평가 결과를 분석하고 이를 기반으로 수준이 결정되므로 기존의 획일화된 평가에 의한 결과 분석보다 학생의 수준을 정확히 판별해 낼 수 있고, 이를 토대로 학습자에 적합한 학습내용을 제공함으로써 적응성 있는 학습을 기대할 수 있다. 또한 학습 과정을 모니터링하여 학습내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습 내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학습자에게 제공하도록 하며, 학습에 대한 평가 단계에서 오답을 냈을 경우, 그 문제에 가장 적합한 학습 내용을 추론하여 학습자에게 힌트를 제공함으로써 학습자 스스로 학습하는데 도움이 되도록 하고 있다.

향후 연구 과제로, 학습자에게 실제적인 코스웨어 서비스를 지원하기 위한 편리한 인터페이스 환경과 에이전트들의 부분 모듈들에 대한 완전한 구현이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] 강신천 외 2인, “교수 학습 지원을 위한 웹 에이전트의 개

발”, 한국컴퓨터교육학회논문지, 제6권 제1호, pp.87-94, 2003.

[2] 김태석 외 3인, “취약성 분석 알고리즘을 이용한 학습자 중심의 코스 스케줄링 멀티 에이전트 시스템의 설계”, 정보처리학회논문지A, 제8권 제4호, pp.517-521. 2001.

[3] 이건민, “웹 에이전트를 이용한 교수-학습 시스템”, 서울교육대학교 석사학위논문, 2000.

[4] J. Wang, “Intelligent Hyper-media Learning System on the Distributed Environment,” In the Proc. of the World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia, 1997.

[5] K. Nakabayashi et al., “Architecture of an Intelligent Tutoring System in the WWW,” In the Proc. of AI-ED '97, pp.39-46, 1997.

[6] Y. K. Baek and S. C. Kang, “Designing and Implementing an Adaptive Web Agent for Facilitating Learner Participation in E-Learning,” In the Proc. of ICCE, 2001.

[7] J. M. Bradshaw, Software Agent, MIT Press, 1997.

[8] T. Vasileva, V. Trajkovic, D. Davcev, “Experimental Data about Knowledge Evaluation in a Distance Learning System,” In the Proc. of IFSA/NAFIPS, pp.791-796, 2001.

[9] S. Weon, J. Kim, “Learning Achievement Evaluation Strategy using Fuzzy membership Function,” In the Proc. of 31th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp.19-24, 2001.

[10] G. D. Magoulas, K. A. Papanikolaou and M. Grigoriadou, “Towards a Computationally Intelligent Lesson Adaptation for a Distance Learning Course,” In Proc. of the INNS-IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp.629-634, 2000.

[11] D. Xu, H. Wang and K. Su, “Intelligent Student Profiling with Fuzzy Models,” In the Proc. of the 35th Hawaii International Conference on system Science, 2002.

[12] C. K. “Using Fuzzy Numbers in Educational Grading System,” Fuzzy Set and Systems, Vol.83, No.3, pp.311-324, 1996.

[13] R. E. Bellman, L. A. Zadeh, “Decision-making in a fuzzy environment,” Management Science, Vol.17, No.4, pp.141-146, 1970.

[14] C. Ebert, “Fuzzy Classification for Software Criticality Analysis, Expert System with Application,” Vol.11, No.3, pp.323-342, 1996.

[15] H. G. Zimmermann, Fuzzy Set and Its Application, Boston,

MA : Kluwer, 1991.

[16] P. brusilovsky, Adaptive Educational System on the World Web : A Review of Available Technologies, <http://www-aml.cs.umassedu/~stern/webits/itsworkshop/brusilovsky.html>.

[17] A. Dillon and E. Zhu, “Toward a Generic Adaptive Hypermedia System,” In the Proc. of Second Workshop in Adaptive Hypertext and Hypermedia, pp.5-11, 1997.

[18] S. Faulhaber and D. Weld, “Hypadapter : An Adaptive Hypertext System for Exploratory Learning & Programming,” User Modeling & User Adapted Interaction, Vol. 6, No.2, pp.131-156, 1997.

[19] M. Grigoriadou, K. Papanikolaou, H. Kornilakis and G. Magoulas, “INSPIRE : an Intelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment,” In Proc. of 8th International Conference on User Modeling, 2001.



### 최 속 영

e-mail : sychoi@core.woosuk.ac.kr

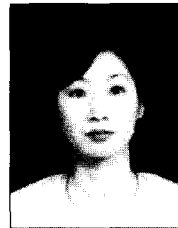
1988년 전북대학교 이학사(전산학)

1991년 전북대학교 이학 석사(전산학)

1996년 충남대학교 이학 박사(전산학)

1996년~현재 우석대학교 컴퓨터교육과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 교육, 멀티미디어 응용, 원격 교육



### 양 형 정

e-mail : hjyang@ozzy.chonbuk.ac.kr

1991년 전북대학교 전산통계학과(학사)

1993년 전북대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)

1998년 전북대학교 대학원 전산통계학과(이학박사)

2002년 동신대학교 컴퓨터 응용학부 전임 강사

2003년 Knowledge Tech 부설 Multimedia DB 연구소  
선임연구원

2003년~현재 Carnegie Mellon University, Department of  
Computer Science, Post Doctoral Researcher

관심분야 : E-Learning, Multimedia Information Retrieval,  
Machine Learning