

수준별 학습을 위한 퍼지 집합 기반 적응형 교수 시스템

최속영[†] · 소지숙^{††} · 이순정^{††}

요 약

본 연구는 학습자 수준에 맞는 학습 내용과 평가 문제를 제공하고, 그 평가 결과에 기반하여 반복 학습 및 심화학습을 효과적으로 제공하며, 차기 학습을 할 경우에 이에 기초하여 적절한 학습이 이루어질 수 있도록 하는 적응형 웹기반 교수 시스템을 제안한다. 이를 위해 코스웨어 설계시 학습목표의 중요도, 학습내용의 난이도, 학습목표와 학습내용과의 관련도에 따라 퍼지 수준 집합을 구성하고 이를 기반으로 학습자의 수준에 맞는 내용을 제공한다. 또한, 학습의 평가시에도 문제의 난이도, 평가문항과의 관련도를 고려하여 평가 결과를 제시하게 된다. 본 논문에서 제시하는 퍼지 집합에 의한 학습 내용의 제공과 평가 결과는 학습과정에 나타나는 여러 가지 다양하고 불확실한 요소들을 고려하여 처리함으로써 보다 융통성 있고 효과적인 교수 학습 방법을 제공할 수 있도록 한다.

An Adaptive Tutoring System based on Fuzzy sets for Learning by Level

SooK-Young Choi[†] · Ji-Sook So^{††} · Sun-Jung Lee^{††}

ABSTRACT

This paper proposes a web-based adaptive tutoring system based on fuzzy set that provides learning materials and questions dynamically according to students' knowledge state, and gives advices for the learning after an evaluation. 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 the fuzzy level set, our system offers learning materials and questions to adapt to individual students. Moreover, a result of the test is evaluated with fuzzy linguistic variable. Applying the fuzzy concept to the tutoring system could naturally consider and deal with various and uncertain items of learning environment thus could offer more flexible and effective instruction-learning methods.

1. 서 론

웹기반 원격 학습(web_based distance learning)은 웹의 등장과 함께 나타난 새로운 온라인 형태의 교수학습 방법으로서, 웹을 매체로 원격리에 있는 학습자를 교육시키는 혁신적인 접근 방법이라 할 수 있다. 웹을 통한 학습은 멀티미디어/하이퍼미디어 기술을 이용하여 학습자의 인지 구조와 동일한 하이퍼텍스트 형태

[†] 중신회원: 우석대학교 컴퓨터교육과 교수

^{††} 정 회 원: 우석대학교 컴퓨터교육과 석사과정

논문접수: 2003년 3월 10일, 심사완료: 2003년 4월 11일

* 본 연구는 한국과학재단 목격기초연구

(R04-2002-000-00145-0)시원으로 수행되었음.

로 교육 자료들을 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다[1,2,3,4,5].

그러나, 지금까지 개발된 웹기반 교육 시스템들은 학습자들의 지식 수준, 선수 학습 정도, 학습 능력과 같은 개인차를 반영한 개별학습을 지원하지 못하고 있다. 대체로 수동적이며, 정적인 하이퍼텍스트 위주의 일괄적인 학습 형태로, 학습자 개개인의 학습 능력에 따른 적응력 있는 학습 환경을 제시 할 수 없었다. 최근 이러한 웹기반 교수 시스템들을 개선시키고자 하는 연구로서 적응적 기법들이 도입되고 있다[11,16]. 적응적 교수 시스템은 다양한 학습자의 학습 배경, 학습목표, 선수학습 정도 등과 같은 학습자 특성을 고려하여 적합한 학습내용 및 방법을 웹 환경을 기반으로 제공할 수 있는 교수 시스템을 의미한다. 적응적 웹기반 교수 시스템은 크게 지능적 교수 시스템(Intelligent Tutoring System)과 적응적 하이퍼미디어 시스템(Adaptive Hypermedia System)[11]으로 구분될 수 있는데, 최근에 연구되고 있는 적응적 웹기반 교수 시스템들은 지능적 교수 시스템이 제공하는 문제 해결 중심의 수업 환경과 하이퍼텍스트 또는 하이퍼미디어의 탐색적 학습 환경을 통합한 형태를 띄고 있다 하지만, 이러한 적응적 교수 시스템과 관련된 국내외 기술 현황은 아직 미비한 실정이다.

본 논문에서는 이러한 적응적 교수 시스템을 지원하기 위하여 퍼지 개념을 기반으로 한 지능적 교수 기법과 학습자의 학습 특성에 따라 학습내용을 변화시켜 동적으로 구성하는 하이퍼미디어 기반의 적응적 기법을 구현하고 있다.

퍼지 개념은 실세계의 부정확하고, 불완전하고 애매모호한 정보들을 효과적으로 다루고, 이를 통하여 합리적인 결정과 추론을 할 수 있다는 장점으로 의사 결정이나, 정보 분류 분야 등 여러 응용분야에서 이 퍼지 개념을 이용한 연구들이 수행되어왔다[10,12,13]. 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 방안

으로 퍼지 집합(fuzzy set)을 이용하기 위한 연구들이 수행되고 있다[8,9,14,15].

본 논문에서는 이 퍼지 개념을 이용하여 학습자의 학습 특성과 수준에 맞게 개별화된 학습 내용을 제공하고, 학습 후 퍼지 평가에 의한 학습자의 학습 내용에 대한 성취도 판별을 통해 심화 학습 정도와 다음 단계의 학습 수준을 제공하는 교수 시스템을 제안한다. 이를 위해 먼저, 코스웨어를 생성하는데 있어, 학습 목표를 토대로 학습 내용과 평가 문제를 구조적이고 체계적으로 구성하여 관리하고 있다. 이러한 코스웨어 구조를 토대로, 학습자의 분석된 학습 특성에 따라 학습내용을 동적으로 구성하여 적응성 있는 코스웨어를 지원하고 있다.

본 교수 시스템에서 학습자는 학습의 첫 단원 시작시 학습자나 교사가 지정한 수준의 학습을 수행하며, 학습이 종료된 후에는 퍼지 평가에 의한 수준 평가가 수행된다. 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. 수준별 학습내용을 구성하는 경우, 각 수준별 학습 내용의 경계가 명확하지 않고 이를 구분하는데 애매한 특징이 있기 때문에, 퍼지 집합의 소속성 함수를 이용하여 좀더 자연스럽게 융통성 있게 수준별 학습 내용을 구성하고 있다. 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 퍼지 언어 변수로 결정된다. 학습자의 평가 결과에 대한 수준을 판별하는 것 또한 애매한 작업이기 때문에, 평가 결과의 수준을 퍼지 언어 변수로 표현하고, 각 수준에 따른 소속성 함수를 이용하여 좀더 효과적으로 관리할 수 있도록 하고 있다.

평가 결과와 평가 문항의 수준을 토대로 학습자의 학습 수준을 판별하게 된다. 학습 수준에 따라 학습자에게 제공되는 학습내용이 달라진다. 또한 학습자의 학습 과정을 모니터하여, 학습내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습 내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학

습자에게 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구로서 웹기반 적응형 교수 시스템과 퍼지 개념을 적용한 교수 시스템들의 장·단점을 살펴보고, 3 장에서는 본 연구에서 제안하고 있는 시스템의 특징들로 코스웨어 구성, 퍼지 함수에 의한 학습내용의 수준별 분류, 퍼지 함수를 이용한 평가결과에 대한 수준 판별, 개인별 반복 학습 구성에 대해 기술한다. 4 장에서 실험 및 분석에 대해 기술하고, 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 웹기반 적응형 교수 시스템

Brusilovsky[11]는 수업의 목적과 학습 형태에 따라 적응적 웹기반 교수 시스템의 유형을 웹 기반 지능적 교수 시스템과 웹 기반 적응적 하이퍼미디어 시스템으로 분류하였다. 웹기반 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 웹기반 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.

외국을 중심으로 개발되고 있는 웹기반 적응형 교수 시스템들 중 대표적인 시스템들은 다음과

같다.

[1]에서는 LISP 프로그래밍 학습을 적응력 있게 학습하는 방법을 제시하고 있는 ELM-ART 시스템을 개발하였다. ELM-ART는 학습자가 학습 목적과 능력, 기호 등 개별적 특성에 따라 다양한 멀티미디어 학습 자료를 하이퍼링크를 통해 검색할 수 있도록 지원해주는 지능적 하이퍼미디어 시스템이다. 학습자는 탐색 경로를 스스로 선택할 수 있지만, 학습자 모델이 포함하고 있는 학습자에 대한 지식과 정보에 의해 링크를 학습자의 특성에 알맞도록 적응적으로 제시해준다. 또한 이 시스템은 탐색 자료와 함께 문제 해결을 통해 학습한 내용을 적용해 볼 수 있는 기회를 제공해주는 데 이때 학습자가 문제 해결에 어려움을 겪고 도움을 요청하면 문제 해결에 필요한 정보나 유사 문제 해결 사례와 연결될 수 있는 링크를 학습자의 특성을 수용하여 제시해 줌으로서 적응적 수업을 가능하게 한다. 그런데, 이 시스템에서 학습자의 특성과 학습 수준을 분석하는 모듈이 매우 중요하다고 할 수 있지만 이에 대한 구체적인 구현 방법의 기술이 없다.

[3]에서는 멀티미디어 학습을 위한 효과적인 교과 과정을 제시하는 CALAT 시스템을 개발하였다. CALAT는 학습자 모델, 교수 모델, 그리고 전문가 모델을 요소로 하는 지능형 교수 시스템의 구성 체계를 웹서버에서 실행시킴으로서 구현되었다. 이 시스템의 각 모델은 상호작용을 통해 적응적 코스웨어를 생성하고, 웹브라우저를 통해 학습자에게 제시되는 구조를 가지고 있다. 학습자는 설명, 연습문제, 그리고 시뮬레이션으로 구성된 일종의 학습 모듈을 통해 학습하게 된다. 또한 질문에 대한 학습자의 반응과 시뮬레이션에서의 학습자 행동은 모니터링되고 그 결과는 학습자 모델의 수정 및 갱신에 적용된다. 이 연구에서는 학습자에게 제공되는 설명, 연습문제 등 학습내용이 구조적으로 정의되어 있지 않기 때문에, 학습자의 특성에 알맞는 학습 자료를 제공하는 것에 한계가 있다.

적응형 교수 시스템과 관련된 국내 연구들은 다음과 같다.

[6]에서는 웹기반 환경에서 개인별 학습 상황에

맞게 적응적으로 조언해 줄 수 있는 기능을 제공하고 있다. 이를 위해 학습자의 특성과 학습 과정을 분석하고 관리하고 있으며, 학습할 내용을 High level & Low level 구조화 기법을 활용하여 학습 주제와 세부 학습과제로 계열화하는 기능을 수행하였다. 또한 적응적 탐색 지원 기법을 활용한 조언 알고리즘으로서, 학습 과정에서 개별 학습자에게 적합한 학습 내용을 제공하고, 학습 과정을 안내하기 위해 적응적 탐색 기능을 제공하고 있다. 그런데, 학습자에 따라 적합한 학습내용을 안내하기 위해서는 학습자의 학습 능력을 정확하게 평가하는 것이 중요하며, 평가 과정에서 학습자의 수준에 맞는 학습내용과 평가 내용이 제공되어 평가되어야 한다. 그러나, 이 시스템에서는 학습내용과 평가 내용을 수준별로 제공하기 위해 어떠한 방식으로 구조화하여 관리할 것인지에 대한 고려가 없다. 또한 학습 후, 학습자의 학습 능력과 학습 과정을 분석하여 학습자에게 부족한 부분은 반복 학습을 하도록 조언하거나, 수준이 높은 학생의 경우에는 심화학습을 할 수 있도록 조언하는 것을 제공하고 있지 않다.

[7]의 연구에서는 학습자의 학습 상태에 따라 문항의 난이도 등을 선별하여 동적으로 제공할 뿐 아니라 학습된 결과를 저장하였다가 그에 따른 수준별 평가가 가능하도록 하는 학습자 개별 적응 평가 시스템을 구현하였다. 이 연구는 CAT (Computerized Adaptive Testing) 시스템에 기반하여 구현된 시스템으로 2 단계 학습자 개별 적응 평가 시스템을 지원한다. 1 단계에서는 학습자의 학습 상황에 따라 문제지를 추출하여 제공할 수 있도록 하는 단원별 진단평가를 시행하고, 2 단계에서는 그 결과에 따라 학습자의 상태에 맞는 본 평가 문제를 제시하는 것으로서 기본, 보통, 심화 문제지군을 구성하여 제공하는 시스템이다. 이 연구는 수준별 평가를 지원하고는 있지만, 학습자의 수준을 평가하는 방법은 너무 단순하고, 학습자의 수준을 효과적으로 평가할 수 없다는 단점이 존재한다. 또한 평가 단계에서 학습자의 상태에 따라 적합한 문제를 추출하여 제공하는 평가 시스템만을 고려하고 있어, 학습과정에서 학습자 특성과 수준에 적절한 학습내용을 제공하는 적응형 교수 기법을 지원하는데는 한계가 존재한다.

2.2 퍼지개념을 이용한 웹기반 교수 시스템

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

[8]에서는 원격 학습 시스템에서 퍼지 논리에 의한 학습자의 지식을 평가하는 방법을 제시하고 있다. 이 연구에서는 각 평가 문제를 난이도에 따라 hard, moderate, easy 에 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 도와주는 데 있다. 그러나 이 연구에서는 학습자의 수준 판별에 평가 항목의 난이도만을 고려할 뿐 수준 평가의 여러 다양하고 불확실한 요소들을 고려하지 않고 있다.

[9]에서는 퍼지 소속성 함수를 이용하여 학습 결과의 수준을 평가하는데 평가 문제의 중요도와 난이도, 복잡도, 그리고 시간을 고려하고 있다. 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 임한 학습 내용의 수준을 고려하지 않고 평가 문제가 일괄적으로 제공되기 때문에 학습자의 개별적인 학습 성취에 따른 수준 판별이 어렵다.

본 연구에서는 위의 관련 연구들의 장·단점을 분석한 결과를 토대로, 하나의 적응형 교수 시스템을 제안한다. 본 연구에서 제안하는 시스템은

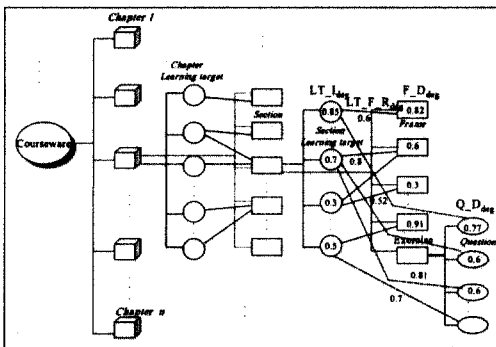
퍼지 개념을 기반으로 한 지능적 교수 기법과 학습자의 학습 특성에 따라 학습내용을 변화시켜 동적으로 구성하는 하이퍼미디어 기반의 적응적 기법을 구현하고 있다. 본 시스템이 지닌 특징은 다음과 같다.

- 학습자의 특성과 학습 수준에 맞는 학습 자료를 제공할 수 있도록 코스웨어를 구조적으로 정의하여 관리함
- 퍼지 집합에 기반하여 학습자의 수준에 적합한 학습 내용과 평가 내용을 제공
- 퍼지 평가에 의한 학습자의 학습 성취도와 학습 수준을 평가
- 학습 과정 중에 나타나는 학습자의 학습 특성을 모니터링 및 분석
- 평가 후, 반복 학습을 위해 학습자의 학습 특성에 맞는 학습내용을 동적으로 구성하여 제공

3. 웹기반 적응형 교수 시스템

3.1 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.



< 그림 1> 코스웨어 지식 구조

본 시스템에서 제공되는 코스웨어의 구조는 <그림 1>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.

수준별 학습 내용의 제공을 위해 각 절의 학습 목표의 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.

3.2 퍼지 집합에 의한 학습 내용의 수준별 분류

학습자의 수준에 적합한 학습 내용을 제공하기 위해서 다음과 같이 학습자의 수준을 분류 한다.

정의 1 학습자의 수준 집합 L_s 는 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 조언한다. Excellent는 가장 수준이 높은 단계를 의미한다.

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

<표 1> 학습자 수준에 따른 각 항목별 학습 내용의 집합 기준

student level	LT_Ideg	LT_F_Rdeg	F_Ddeg
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

학습자 수준에 따른 학습 내용을 제공하기 위해 <표 1>과 같이, 학습 목표의 중요도, 프레임과의 관련도, 프레임의 난이도에 따른 각 항목의 수준별 집합을 구성한다.

그런데, 이 집합은 경계가 명확하지 않은 퍼지 집합으로서 각각의 소속성 함수에 의해 정의된다. 다음은 소속성 함수에 의한 퍼지 집합의 정의이다.

정의 2 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 1>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 임계 값 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_Ideg), 학습목표와 프레임의 관련도(LT_F_Rdeg)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_Ddeg)에 관한 소속성 함수

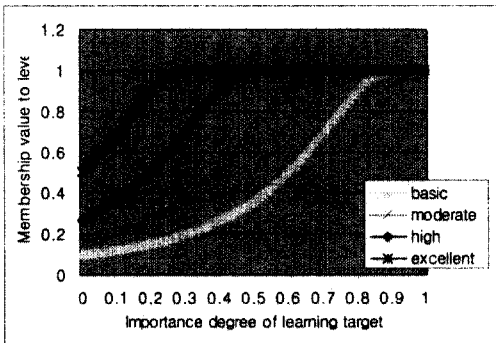
$$\mu_{\text{excellent}}(x) = \begin{cases} 1.2/(1.3 + ((c_1 - x)/k)^2), & x \leq c_1 \\ 1, & x > c_1 \end{cases}$$

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

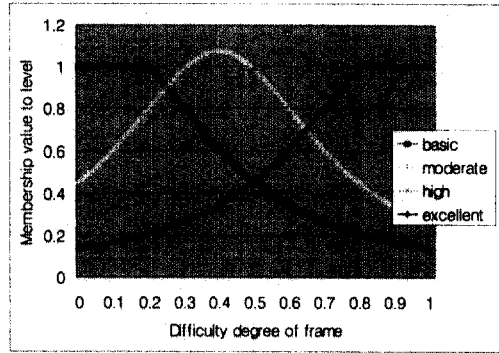
$$\mu_{moderate}(x) = \begin{cases} 1.2/(1.3 + ((x - c_3)/k)^2), & x \geq c_3 \\ 1, & x < c_3 \end{cases}$$

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

각 함수에서 k와 c₁, c₂, c₃, c₄는 소속성 함수의 가변성을 주기 위해 전문가에 의해 입력된다고 가정한다. 만약 학습목표의 중요도에 대한 소속성 함수에서 k=0.3로, c₁=0.9, c₂=0.7, c₃=0.5, c₄=0.3로 가정하였을 경우 <그림 2>와 같이 각 항목의 값이 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다. 즉, 어떤 학습목표의 중요도가 0.4일 경우 "high" 수준 집합에 속하는 소속성은 0.9 정도이다.



<그림 2> 학습목표 중요도의 소속성



<그림 3> 프레임 난이도의 소속성

또한 프레임의 난이도에 대한 소속성 함수에서는 c₁= 0.7, c₂=0.6, c₃=0.4, c₄=0.2로 가정하였을 경우 <그림 3>과 같이 각 항목의 값이 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다.

정의 3 수준 집합 $L_c = \{excellent, high, moderate, basic\} \subset L_s$ 이라 하고, lt 를 학습목표, lt_{ideg} 를 학습목표에 부여된 중요도라 하자. 이때 임계값 a 이상의 중요도에 의한 학습 목표의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의한다.

$$LT(l)_a = \{lt | \mu(lt_{ideg}) \geq a, l \in L_c\}$$

정의 4 f 를 프레임이라 하고, $lt_{f_{deg}}$ 를 학습목표와 프레임사이의 관련도라 하면, 임계값 a 이상의 관련도에 의한 학습목표와 프레임의 순서쌍으로 이루어진 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$LT_F(l)_a = \{(lt, f) | \mu(lt_{f_{deg}}) \geq a, l \in L_c\}$$

정의 5 f_{deg} 를 프레임에 부여된 난이도라 할 때, 임계값 a 이상의 난이도에 의한 프레임의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$F(l)_a = \{f | \mu(f_{deg}) \geq a, l \in L_c\}$$

학생의 각 수준별로 제공되는 프레임의 집합은 다음과 같이 구성된다.

정의 6 $l \in Lc$ 이고, i_a, r_a, d_a 를 각각 중요도, 관련도, 난이도에 대한 임계값이라고 할 때, 학생의 수준별로 제공될 프레임의 집합 $C(l)_{a'}$ 은 다음과 같이 구성된다.

$$C(l)_{a'} = \{f | t \in LT(l)_{i_a}, (l, t, f) \in LT_F(l)_{r_a}, f \in F(l)_{d_a}\}$$

여기서, $a' = (i_a, r_a, d_a)$

예를 들어 학습 수준이 상위이고 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" 수준집합(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 학습한 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 $k, c1, c2, c3, c4$ 만을 달리한 프레임 난이도의 소속성 함수를 사용한다.

소속성 함수를 이용한 평가 문항의 퍼지 수준별 집합은 다음과 같이 정의 된다.

정의 7 q 를 평가문항이라 하고, q_{deg} 를 평가 문항에 부여된 난이도라 할 때, 임계값 a 이상의 난이도에 의한 평가문항의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$Q(l)_a = \{q | \mu(q_{deg}) \geq a, l \in Lc\}$$

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.

3.3 평가 결과 수준 판별

각 문제의 평가 결과를 토대로 학습자의 학습내용에 대한 성취도와 학습 수준을 판별할 수 있으며, 이것은 평가 문항의 각 수준에 소속된 소속성 정도와 평가 문항에 대한 정답 여부에 따라 결정된다.

정의 8 수준 l 에 따라 제공된 평가 문항과 문제 풀이 결과의 순서쌍으로 이루어진 집합을 $R_Q(l) = \{(q_i, r_i)\}$ 라 하고, 각 평가 문항이 수준 집합에 소속되는 소속성은 $\mu(q_i)$ 라 하자. 이때 각 수준에 대한 소속성을 고려한 평가 결과 값은 다음과 같다.

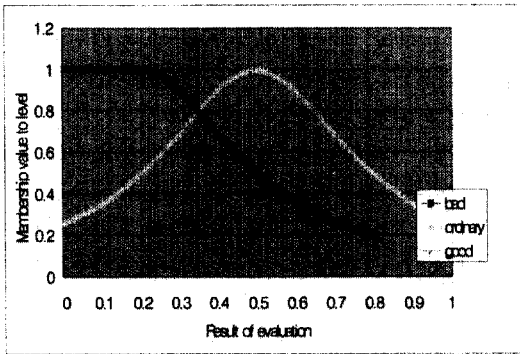
$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(q_i) \times r_i}{\sum_{i=1}^n \mu(q_i)}$$

여기서, 문제 풀이 결과는 정답이면 $r_i=1$, 오답이면 $r_i=0$ 이다.

평가 결과 값의 수준 집합을 $L_R = \{bad, ordinary, good\}$ 이라 할 때 이를 위한 소속성 함수는 다음과 같다.

$$\mu_{bad}, \mu_{ordinary}, \mu_{good} : [0,1] \rightarrow [0,1]$$

$$\mu_{bad}(x) = \begin{cases} 1/(1 + (t_1 - x/k)^2), & x \leq t_1 \\ 1, & x > t_1 \end{cases}$$



<그림 5> 평가결과 값에 대한 소속성 그래프
 $\mu_{ordinary}(x) = 1/(1 + (|t_2 - x|/k)^2)$,

$$\mu_{good}(x) = \begin{cases} 1/(1 + (|t_3 - x|/k)^2), & x > t_3 \\ 1, & x \leq t_3 \end{cases}$$

각 함수에서 k=0.3로, t₁= 0.2, t₂=0.5, t₃=0.8로 가정하였을 경우 다음과 같이 평가 결과 값의 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다.

각 학습자의 수준에 맞게 제공된 평가 문제의 결과에 따라 학습내용을 다르게 조인한다. 평가 결과가 "bad"인 경우에는 학습이 부진한 경우로 현재의 학습 내용과 관련된 선수학습의 내용과 현재 학습 내용 중에서 반복되어야 할 부분을 제공한다. "ordinary"인 경우에는 현재 학습 내용 중에서 반복이 요구되는 내용을 제공하고 "good"인 경우에는 학습이 잘 이루어진 경우로 반복학습과 함께 심화 학습을 위해 현재의 수준보다 높은 학습내용을 제공한다. 이러한 반복학습을 위해 본 시스템에서는 학습 내용을 동적으로 구성하여 제공하게 되는데, 이에 대한 자세한 설명은 3.4 절에서 기술된다.

• 학습자 수준 추정

학습자에게 주어진 평가 문제의 수준과 위의 평가 결과에 따라 학습자의 학습 수준이 결정된다. 학습자 수준은 'poor', 'basic', 'moderate', 'high', 'excellent' 등의 다섯 단계로 구분된다. 학습자 수준이 결정되는 규칙은 다음과 같으며, 이에 대한

내용이 <그림 6>에 보여진다.

규칙 1 : 평가 문항의 수준이 "basic"이고 평가 결과가 "bad"이면 학습 수준은 "poor"이다.

규칙 2 : 평가 문항의 수준이 "basic"이고 평가 결과가 "ordinary"이면 학습 수준은 "basic"이다.

규칙 3 : 평가 문항의 수준이 "basic"이고 평가 결과가 "good"이면 학습 수준은 "satisfactory"이다.

규칙 4 : 평가 문항의 수준이 "moderate"이고 평가 결과가 "bad"이면 학습 수준은 "basic"이다.

규칙 5 : 평가 문항의 수준이 "moderate"이고 평가 결과가 "ordinary"이면 학습 수준은 "moderate"이다.

규칙 6 : 평가 문항의 수준이 "moderate"이고 평가 결과가 "good"이면 학습 수준은 "high"이다.

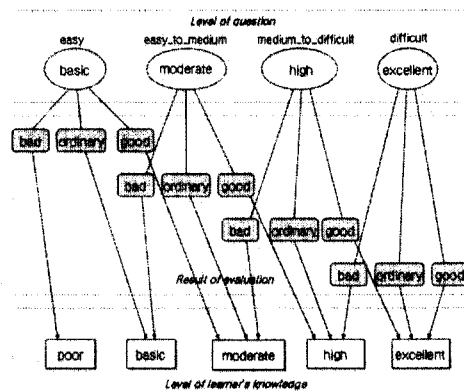
규칙 7 : 평가 문항의 수준이 "high"이고 평가 결과가 "bad"이면 학습 수준은 "moderate"이다.

규칙 8 : 평가 문항의 수준이 "high"이고 평가 결과가 "ordinary"이면 학습 수준은 "high"이다.

규칙 9 : 평가 문항의 수준이 "high"이고 평가 결과가 "good"이면 학습 수준은 "excellent"이다.

규칙 10 : 평가 문항의 수준이 "excellent"이고 평가 결과가 "bad"이면 학습 수준은 "high"이다.

규칙 11 : 평가 문항의 수준이 "excellent"이고 평가 결과가 "ordinary" 혹은 "good"이면 학습 수준은 "excellent"이다.



<그림 6> 학습자 수준의 추정을 위한 규칙

이러한 규칙을 통하여, 결정된 학습자의 수준은 차기 학습을 시작할 경우, 학습자에게 적합한 학습내용과 평가 문제를 제공하기 위해 이용된다.

즉, 학습 수준이 "poor"인 경우에는 학습 수준이 아주 저조한 것을 의미하며, 현재 학습 단원을 이해하는데 무리가 있는 것으로 간주하고 그 전 단원을 복습하도록 조언한다. 학습 수준이 "basic"인 경우는 학습 수준이 낮은 경우로, 3.1에서 기술된 수준별 학습 내용에 대한 퍼지 집합에 따라, 각 항목을 고려하여 "basic" 수준에 적합한 학습내용을 제공하게 된다. 학습자의 수준이 "moderate", "high", "excellent"인 경우에도 각 수준에 적합한 학습내용의 퍼지 집합에 따라, 학습내용과 평가문제를 제공하게 된다.

예를 들어 난이도 항목의 관점에서 살펴보면 "basic"의 경우에는 "easy"에 해당되는 프레임들이 제공되고, "moderate"인 경우에는 학습 수준이 보통인 경우로 "from easy to medium"인 것을 제공한다. "high"인 경우에는 학습 수준이 우수한 경우로, 학습내용과 평가문제의 수준이 "from medium to difficult"인 것을 제공한다. 마지막으로 학습자의 수준이 "excellent" 경우에는 학습 수준이 아주 우수한 경우로 학습내용과 평가 수준이 "difficult"인 것을 제공한다.

3.4 개인별 반복 학습 구성

본 시스템에서는 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 두가지로 구분하여 분석한다. 먼저, 학습한 내용 중에서 이해가 충분히 되지 않아 오답을 낸 경우와, 학습이 이루어지지 않아 오답을 낸 경우로 구분된다. 첫 번째의 경우에는 반복 학습을 할 경우에 참조되며, 두 번째 경우에는 학습을 다시 시작할 경우에 참조되도록 한다. 위와 같은 과정을 수행하

기 위해서는 우선, 학습자의 학습 내용과 평가 내용과의 관련성 정보를 알고 있어야 한다. 그런데, 이 정보들은 코스웨어의 논리적 구조를 통하여 쉽게 얻어질 수 있다.

다음으로, 학습자가 학습을 수행하는 동안, 시스템은 저장된 학습 정보와 평가 내용을 검사하여 이들의 관련성 정보를 테이블에 유지한 다음, 분석 과정을 수행한다. <표 2>은 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 반복 학습이 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.

학습 평가가 이루어진 후, 반복 학습을 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. 즉, 평가 결과가 "bad"인 경우에는 학습이 부진한 것을 나타내므로 반복학습을 위한 학습내용을 구성 시, 현재의 학습 내용과 관련된 선수학습 내용을 함께 제공한다. "ordinary"와 "good"인 경우에는 현재 학습자 수준에 맞는 프레임들을 구성하여 학습자에게 제공한다. 또한 반복학습이 이루어진 후 "good"인 경우에는 심화학습이 이루어지도록 조언하며, 심화 학습으로서 현재의 학습자 수준보다 한 단계 높은 학습 내용을 제공해준다.

<표 3>에서는 프레임 2, 프레임 3, 프레임 8임이 동적으로 연결된다. <그림 7>는 이 과정에 대한 알고리즘을 보여주고 있다.

<표 2> 학습 내용과 평가 결과 분석

프레임 1	T	문제 1	0	C
프레임 2	T	문제 2	0	C
		문제 4	X	R
프레임 3	T	문제 3	X	R
프레임 4	F	문제 4	X	N
프레임 5	T	문제 5	0	C
		문제 7	0	C
프레임 6	F	문제 6	0	K
프레임 7	T	문제 7	0	C
프레임 8	T	문제 7	0	C
		문제 8	X	R
		문제 9	0	C

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

Procedure Constructing_Individual_Repeat_Learning()

Q : question, I_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
        I_F = 'R'
        RF_S = RF_S + F.
      else
        I_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
          I_F = 'C'
        else
          I_F = 'N'
  
```

show the FR_S to student

< 그림 7 > 반복학습을 위한 동적 구성

4. 실험 및 분석

본 연구의 실험 분석을 위해 중학교 2학년 수학의 "다항식의 연산"부분에 대해 코스웨어를 구성

하여 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 초기 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 3>는 20명의 학습자들에 대해 학습을 한 후 제공된 평가 문항에 대한 평가 결과를 보여준다.

<표 4>는 평가 문항에 대한 수준과 평가 결과를 토대로 학습 수준 추정 규칙에 의해 추정된 학습자들의 학습 수준을 보여준다.

<표 3> 평가 문항에 대한 평가 결과

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

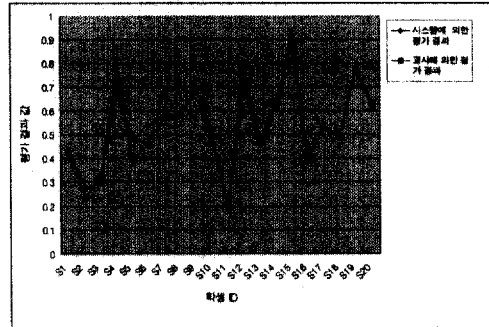
<표 4> 학습 수준 추정 규칙에 의해 추정된 학습자들의 학습 수준

학생 id	평가 후 추정된 학습 수준	학생 id	평가 후 추정된 학습 수준
S ₁	moderate	S ₁₁	high
S ₂	poor	S ₁₂	high
S ₃	basic	S ₁₃	high
S ₄	moderate	S ₁₄	moderate
S ₅	high	S ₁₅	excellent
S ₆	moderate	S ₁₆	basic
S ₇	high	S ₁₇	high
S ₈	excellent	S ₁₈	excellent
S ₉	high	S ₁₉	excellent
S ₁₀	basic	S ₂₀	moderate

<그림 8>은 시스템에 의해 선택된 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.

<표 5> 학습 내용과 평가 문제가 적절한가에 대한 설문 결과

문1) 본 시스템에 의해 제공되는 학습 내용과 평가 문제가 적절한가?						
보기	아주 적절하다.	적절하다.	보통이다.	적절하지 못하다.	아주 적절하지 못하다.	계
인원 수(%)	3 (15%)	9 (45%)	4 (20%)	3 (15%)	1 (5%)	20 (100%)



<그림 8> 시스템과 교사에 의해 선택되어 제공된 문항에 대한 평가결과의 비교

• 설문 분석 내용

다음은 20명의 교사와 105명의 학생들을 대상으로 하여 본 시스템에 대한 설문 분석을 한 내용이다. 질문은 교사를 대상으로 한 3 문항과 학생을 대상으로 한 2 문항으로 총 5 개로 구성되었다.

<표 5>은 교사를 대상으로 하여 “본 시스템에 의해 제공되는 학습 내용과 평가 문제가 적절한가?”라는 질문에 대한 분석 결과이다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 60%가 적절하다고 답하였으며, 20%는 보통으로, 20%는 적절하지 못하다고 답하였다.

<표 6>은 교사를 대상으로 하여 “본 시스템은 교수 학습에 유용하게 이용될 수 있는가?”라는 질문에 대한 분석 결과이다. 응답자의 55%가 유용하게 이용될 수 있다고 답하였고, 30%는 보통으로, 15%는 그렇지 못하다고 답하였다. 따라서, 본 시스템을 긍정적으로 평가하고 있음을 알 수 있다.

<표 7>는 교사를 대상으로 하여 “본 시스템의 가장 큰 장점은 무엇이라고 생각하십니까?”라는 질문에 대한 분석 결과이다. 수준별 학습 및 평가 내용의 제공과 평가 후 학습자의 학습 특성에 맞게 반복과 심화 학습을 위한 동적 학습 구성에 높은 반응을 보였다.

<표 8> 수준별 학습에 대해 학생들의 만족도에 대한 설문 결과

문4) 본 시스템에서 제공하는 수준별 학습내용과 평가내용이 학습에 도움이 되었다고 생각하십니까?						
보기	매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 못하다.	전혀 그렇지 못하다.	계
인원 수(%)	18 (17.1%)	53 (50.6%)	16 (15.2%)	12 (11.4%)	6 (5.7%)	105 (100%)

<표 8>은 학생을 대상으로 하여 “본 시스템에서 제공하는 수준별 학습 내용과 평가 내용이 학습에 도움이 되었다고 생각하십니까?”라는 질문에 대한 분석 결과이다. 응답자 중 67.7%가 에서 제공하는 수준별 학습내용과 평가내용이 도움이 되었다고 답하였으며, 15.2%가 보통으로, 17.1%가 그렇지 못하다고 답하였다.

<표 9> 평가 후 동적 학습 구성의 만족도에 대한 설문 결과

문5) 본 시스템에서 학습 평가 후, 반복 및 심화 학습에 대한 학습 내용을 동적으로 구성하여 제공하는 것이 학습에 도움이 되었다고 생각하십니까?						
보기	매우 그렇다	그렇다.	보통이다.	그렇지 못하다.	전혀 그렇지 못하다.	계
인원 수(%)	16(15.2%)	47(44.8%)	22(20.9%)	13(12.4%)	7(6.7%)	105(100%)

<표 9>은 학생을 대상으로 하여 “본 시스템에서 학습 평가 후, 반복 및 심화 학습에 대한 학습 내용을 동적으로 구성하여 제공하는 것이 학습에 도움이 되었다고 생각하십니까?”라는 질문에 대한 분석 결과이다. 응답자 중 60%가 도움이 되었다고 답하였고, 20.9%가 보통으로, 19.1%가 그렇지 못하다고 답하였다.

위의 설문 분석 결과를 종합해 볼 때 교사와 학

생 모두, 본 시스템에서 제공하고 있는 퍼지 집합에 기초한 수준별 학습과 평가 및 평가 후 동적 학습 구성에 대해 대체로 긍정적인 응답을 하고 있음을 볼 수 있다.

5. 결론

<표 6> 교수 학습에 유용하게 이용될 수 있는가에 대한 설문 결과

문2) 본 시스템은 교수 학습에 유용하게 이용될 수 있는가?						
보기	매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 못하다.	전혀 그렇지 못하다.	계
인원 수(%)	3 (15%)	8 (40%)	6 (30%)	2 (10%)	1 (5%)	20 (100%)

본 논문은 웹기반 교수 학습 시스템에서 학습자의 개별화된 특징에 맞는 수준별 학습내용과 그에 따른 평가 문제를 제공하고 있다. 이를 위해 각 수준에 따른 학습 내용을 퍼지 소속성 함수에 의해 퍼지 집합으로 구성하여 제공한다. 이와 같이 퍼지 개념을 적용함으로써 학습자들의 수준을 평

<표 7> 시스템의 장점에 관한 설문 결과

문3) 본 시스템의 가장 큰 장점은 무엇이라고 생각하십니까?						
보기	수준별 학습 및 평가 제공	학습 성취도 판별	학습자 수준 추정	평가 후 개인별 동적 학습 구성	학습자의 학습 특성 분석	계
인원 수(%)	6(30%)	3(15%)	3(15%)	5(25%)	3(15%)	20 (100%)

가하는데 있어 존재하는 애매하고 불확실한 정보를 보다 융통성있고 효과적으로 다룰 수 있다. 또한 본 시스템은 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 넘으로써 적응성 있는 학습을 기대할 수 있다. 이와 함께, 학습 과정

을 모니터하여 학습한 내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습 내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학습자에게 제공하도록 함으로서 반복학습의 효과를 높일 수 있다.

참고문헌

[1] P. Brusilovsky, E. Schwarz and G. Weber, "ELN-ART: An Intelligent Tutoring System the WWW," In the Proceedings of ITS'96, pp.261-269, 1996.

[2] M. Lai, B. Chen, and S. Yuan, "Toward a new Educational Environment," In the Proceeding of 4th International WWW Conference, pp. 11-14, 1995.

[3] M. Kiyama et al., "Authoring Method for the Web-based Intelligent CAI System CALAT and its Application to Telecommunications Service," In the Proc. of AAAI-97,

[4] J. Wang, "Intelligent Hyper-media Learning System on the Distributed Environment," In the Proceeding 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] 박종선, 김기석, "사이버 교육 시스템에서의 개별학습을 위한 적응적 탐색 지원 기법 연구," 한국 컴퓨터교육학회 논문지, 제 5권 제 1호, pp.85-98, 2002.

[7] 이동춘, 권기태, "웹기반 학습자 개별 적용 평가 시스템의 개발," 한국 컴퓨터교육학회 논문지, 제4권 2호, pp. 21-29, 2001.

[8] T. Vasileva, V. Trajkovic, D. Davcev, "Experimental Data about Knowledge Evaluation in a Distance Learning System," In the Proc. of IEEE Conference in Computer Education, 2001, pp. 791-796.

[9] S. Weon, J. Kim, "Learning Achievement Evaluation Strategy using Fuzzy membership

Function," In the Proc. of 31th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, session 12a , 2001, pp. 19-24.

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

[11] P., brusilovsky, Adaptive Educational System on the World Web : A Review of Available Technologies,

[12] C. Ebert. Fuzzy Classification for Software Criticality Analysis, Expert System with Application, 11(3), pp. 323-342, 1996.

[13] H. G. Zimmermann, Fuzzy Set and Its Application, Boston, MA : Kluwer, 1991.

[14] C. K. Using Fuzzy Numbers in Educational Grading System, Fuzzy Set and Systems, 83(3), pp.311-324, 1996.

[15] M. Panagiotou and M.Grigoriadou, An Application of Fuzzy Logic to Student Modeling, Proc. of the IFIP World Conf. on Computers in Education, Birmigham, 1995.

[16] A. Dillon and E. Zhu, Toward a Generic Adaptive Hypermedia System, Proceedings of Second Workshop in Adaptive Hypertext and Hypermedia, pp.5-11, 1997.

[17]S. Faulhaber and D. Weld, Hypadapter : An Adaptive Hypertext System for Exploratory Learning & Programming, User Modeling & User Adapted Interaction, 6(2), pp.131-156, 1997.

최 속 영

컴퓨터교육학회 논문지 제2권 1호 참조

소 지 속

2001 우석대학교
컴퓨터교육과(학사)
2002~현재 우석대학교 컴퓨터



교육과 석사과정
관심분야: 컴퓨터교육



이 순 정

2001 우석대학교
컴퓨터교육과(학사)
2002~현재 우석대학교 컴퓨터
교육과 석사과정

관심분야: 컴퓨터교육, 원격교육