

문항반응 이론에 의한 컴퓨터 적응적 평가와 동적 학습내용 구성에 기반한 적응형 교수 시스템

(An Adaptive Tutoring System based on CAT using Item Response Theory and Dynamic Contents Providing)

최 속 영[†] 양 형 정^{**} 백 현 기^{***}
 (Sook-Young Choi) (Hyung-Jeong Yang) (Hyon-Ki Baek)

요 약 본 논문에서는 학습자들의 학습 특성 및 학습 능력에 따라 학습내용을 동적으로 구성하여 제공하는 적응형 교수 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 학습 단계와 평가 단계를 연계함으로써 평가 단계에서 추정된 학습자의 능력에 따라 차기 학습 단계에서 수준별 학습내용을 동적으로 구성하여 학습자에게 제공함으로써 개인화된 교수·학습을 지원하고 있다. 이를 위해 먼저 학습자들의 학습 능력을 정확하게 평가할 수 있도록 문항반응이론에 의한 컴퓨터 적응적 평가를 이용하여 평가 단계를 구현하였으며, 또한 추정된 각 학습자의 능력 수준에 맞는 학습내용을 제공하기 위해 퍼지 개념을 이용하여 퍼지 수준 집합을 구성한 후 제공함으로써 학습자에 따른 수준별 학습이 가능하도록 학습 단계를 구현하였다.

키워드 : 적응형 교수 시스템, 문항반응이론, 컴퓨터 적응적 검사, 학습자 모델링

Abstract This paper proposes an adaptive tutoring system that provides learning materials dynamically according to the learners' learning character and ability. Our system, in which a learning phase and a test phase are linked together, supports the personalized instruction-learning by providing the learning materials by level in the learning phase according to the learning ability estimated in the test phase. We design and implement a tutoring system consisted of an evaluation component and a learning component. An evaluation component uses a computerized adaptive test(CAT) based on item response theory to evaluate learners' ability while a learning component employs fuzzy level set theory so that learning contents are provided to learners according to learners' level.

Key words : Adaptive tutoring system, Item response theory, Computerized adaptive testing, User modeling

1. 서론

컴퓨터와 네트워크 기술의 개발과 보급으로 웹기반 교육 시스템이 일반화되고 있으며, 특히 정규 교육으로 정착되는 과정에서 효과적인 웹기반 학습 콘텐츠의 개발을 위한 연구에 많은 관심이 모아지고 있다. 그러나 기존의 연구된 웹기반 학습 시스템들은 대부분 평가만

을 고려하는 문제은행 시스템에 대한 연구들이 주를 이루고 있다[1,2,4]. 즉, 학습자에게 동일한 문제를 제공하고, 학습자의 풀이 결과에 따른 일률적인 평가가 이루어진다. 일부 연구에서는 학습자의 문제 풀이 결과에 따라 다른 수준의 문제가 제시되는 형태로 되어 있지만 학습자에게 제공하는 학습내용에 관해서는 고려하지 않거나, 고려하더라도 학습자 수준을 고려하지 않고 일반적으로 같은 내용을 제공하고 있기 때문에 효과적인 학습이 이루어지기 힘들다.

이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 학습자의 학습 배경, 선수학습 정도 등과 같은 학습자 특성을 고려하여 적합한 학습내용 및 방법을 제공하는 적응적 교수 시스템이 제안되었다[3,18]. 그러나 기존의 적응적 교수 시스템은 개인화된 학습내용은 제공하고 있지만 학습내용이

· 본 연구는 한국 과학재단 목적 기초 연구(R04-2002-000-00145-0) 지원으로 수행되었음

† 정 회 원 : 우석대학교 컴퓨터교육과
 sychoi@mail.woosuk.ac.kr

** 정 회 원 : 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
 hijyang@chonnam.ac.kr

*** 비 회 원 : 우석대학교 컴퓨터교육과
 teach21@joins.com

논문접수 : 2004년 9월 16일

심사완료 : 2005년 3월 25일

평가 과정과 연계되어 있지 않아, 학습 수준에 따른 평가와 평가 결과에 따른 차기 학습내용 구성이 동적으로 이루어지고 있지 않기 때문에 효과적인 교수·학습을 기대할 수 없다. 따라서 교수·학습이 효과적으로 이루어지기 위해서는 학습 과정과 평가 과정이 함께 연계된 학습 쉐프가 개발되어야 한다. 즉, 학습자가 효과적인 학습을 성취하도록 하기 위해서는 평가단계에서 정확히 추정된 학습 수준에 맞게 구성된 학습내용이 학습자에게 제공될 수 있는 교수·학습 시스템에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 학습단계와 평가 단계를 연계하여 학습자들의 학습 특성 및 학습 능력에 따라 학습내용을 적절하게 제공함으로써 효과적인 교수·학습이 이루어질 수 있도록 하는 적응형 교수 시스템을 제안한다. 학습자에게 맞는 적응적인 학습내용을 제공하기 위해서는 우선적으로 학습자의 학습 수준을 정확히 추정하는 것이 요구되는데, 이를 위해 각 학습자의 수준에 적합한 형태의 검사를 개별적으로 실시함으로써 짧은 시간안에 적은 수의 문항으로도 피험자의 능력이나 특성을 정확하고 효율적으로 측정할 수 있는 문항반응이론(Item Response Theory)에 의한 컴퓨터 적응적 평가(Computerized Adaptive Test)를 도입한다. 문항반응이론에 의한 CAT를 이용하여 평가 단계에서 학습자의 수준을 정확히 추정한 후, 학습 단계에서 이에 적합한 학습내용을 제공하기 위해 퍼지(Fuzzy) 개념을 이용하여 학습내용에 학습목표의 중요도, 학습목표와 학습내용과의 관련도, 각 학습내용의 난이도를 부여하고 각 항목별 수준 집합을 소속성 함수에 의해 퍼지 집합으로 구성하여 수준별 학습내용을 학습자에게 제공한다. 또한 학습자의 학습 과정을 모니터링하여, 학습내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학습자에게 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로서 문항반응이론에 의한 CAT 시스템과 퍼지 개념을 적용한 교수 시스템의 장·단점을 살펴본다. 3장에서는 본 연구에서 제안하고 있는 시스템의 평가 단계로서 문항반응이론에 의한 CAT를 이용한 학습 평가와 학습 단계로서 퍼지 개념을 이용한 동적 학습내용 구성을 지원하는 방법을 기술하고, 4장에서 본 시스템의 설계 및 구현에 대해 기술한다. 5장에서 실험분석과 관련연구들과의 비교 분석을 한 후, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

본 논문에서 제안하고 있는 학습내용과 평가가 연계된 적응형 교수·학습 시스템에 관한 관련 연구는 문항

반응이론에 의한 CAT 시스템과, 퍼지 개념을 이용한 교수·학습 시스템의 두 영역으로 나누어볼 수 있다. 본 장에서는 이들 관련 연구에서 제안된 시스템들의 장·단점을 살펴본다.

2.1 문항반응이론에 기반한 CAT 시스템

CAT는 컴퓨터 적응 검사로서 학생의 응답을 분석하여 개인에게 적절한 문항을 제공함으로써 능력 평가의 효율성을 높이고 정확성을 높일 수 있는 평가 방법이다. 주어진 문항의 응답 결과에 따라 다음 문항이 채택되어 출제되므로 응시자의 능력을 보다 정밀하게 추정하는 것이 가능하다. CAT는 기존의 지필검사에 비해 적은 문항으로도 피험자의 능력을 보다 정확하게 평가할 수 있을 뿐 아니라, 검사의 시행 및 결과 확인이 검사와 동시에 이루어지므로 경제적인 측면에서도 매우 유리하다. CAT의 유형중 대표적인 것이 문항반응이론에 기반한 것으로, 문항반응이론의 원리와 컴퓨터의 계산 능력을 이용하여 피험자의 수준에 적절한 형태의 검사를 실시하는 평가 시스템들이 근래에 많이 개발되고 있다.

CAT 시스템 중 문항반응이론을 이용한 국내의 연구 중 [1]에서는 학습자 평가 시스템을 개발하기 위해 문항반응이론 중 3모수 로지스틱 모델을 이용하여 학습자 수준에 적절한 개별적인 검사를 통해 학습자의 능력을 점검할 수 있도록 하였다. 일반적으로 문항반응이론에서 학습자의 능력에 맞는 문항을 제시하기 위해서 각 문항에 대한 문항 정보 함수 값을 구하여 최대인 것을 선택하여 제시하게 되는데, 이 연구에서는 난이도만을 고려하여 제공하기 때문에 학습자의 능력 평가시 충분한 요소가 고려되지 않음으로써 평가 결과의 정확성이 문제될 수 있다. 또한, 평가 후 학습자 수준에 맞는 학습내용을 제공하는 것에 대해서는 고려하고 있지 않다.

[2]의 연구에서는 문항반응이론을 이용하여 학습자의 수준을 동적으로 계산하고 이를 바탕으로 학습자의 수준에 적절한 문항을 제시하는 과정을 반복하면서 수준별 개별 학습을 지원한다. 이 시스템은 테스트 단계, 본 학습 단계, 복습 단계로 이루어지며, 테스트 단계는 본 학습이 시작되기 전에 학습자의 수준을 추정하기 위한 것이며, 본 학습 단계에서는 테스트 단계에서 추정된 수준에 적절한 문제를 제공받아 수준별 개별학습을 하는 것으로 되어있다. 그런데, 일반적으로 학습자의 능력 추정치를 구하는 과정에서 추정과정을 종료하기 위한 방법은 중요한 고려 요소임에도 불구하고, 이 연구에서는 이에 대한 언급이 전혀 없다. 또한 본 시스템이 실제로 수행되기 위해서는 문항들에 대한 모수치를 미리 추정하는 과정이 선행 작업으로 요구되는데, 이에 대한 것도 고려하고 있지 않다.

2.2 퍼지 개념을 이용한 교수·학습 시스템

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. 특히, 교육 분야에서 학습자의 문제 풀이 결과를 일괄적인 점수가 아닌 언어변수로 평가하는 분야에 퍼지 개념이 많이 이용되고 있다.

[10]에서는 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 정답수에 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 학습내용과의 관련성이나 학습내용의 중요도 등과 같은 다른 요소를 고려하지 않음으로써 더욱 세분화되고 학습자에 맞추어진 차기 학습내용을 제공하는 데에는 한계를 보이고 있다.

[11]에서는 퍼지 소속성 함수를 이용하여 학습 결과의 수준을 평가하는 방법으로서, 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 학습내용의 수준을 고려하지 않고 평가 문제가 일괄적으로 제공되기 때문에 학습자의 개별적인 학습 성취에 따른 수준 판별이 어렵다.

3. 적응형 교수 시스템

본 논문에서 제안하는 적응형 교수 시스템은 학습 단계와 평가 단계가 연계되어 효과적인 교수·학습 체제를 지원한다. 즉, 평가 단계에서 문항반응이론에 의한 CAT를 이용하여 학습자의 수준을 정확히 추정 한 후, 평가 단계에서 추정된 학습자의 수준에 맞게 퍼지 집합에 기반하여 학습내용을 제공한다. 또한, 평가 후, 반복 학습을 위해 학습자의 학습 특성에 맞는 학습내용을 동적으로 구성하여 제공한다. 그림 1은 본 시스템의 특징

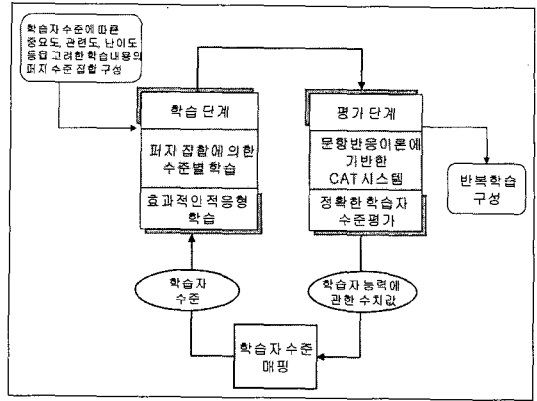


그림 1 시스템의 특징

및 흐름을 나타낸다.

3.1 절은 학습자에게 학습자의 수준에 맞는 학습내용을 구성하여 제공하기 위해 정의된 학습내용의 구조를 보이며, 3.2 절에서는 교수·학습 시스템 중 학습 평가 모듈에서 문항반응이론에 의한 CAT를 이용하여 학습자의 수준을 정확히 추정하는 과정을 기술하며, 3.3 절에서는 학습 수준에 맞는 학습내용을 동적으로 구성하기 위한 것으로 퍼지 집합에 기반한 수준별 학습내용 구성과 반복 학습내용 구성을 보인다.

3.1 수준별 학습을 위한 학습내용 구성

본 교수·학습 시스템에서는 학습내용의 설계 시 학습목표를 정의함으로써 학습에서 도달되어야 할 내용을 좀더 명확히 나타낼 수 있도록 하고, 이 학습목표와 학습내용 사이의 대응 관계는 평가 과정에서 학습자가 오답을 내었을 경우, 이에 적절한 학습내용을 힌트로서 제공하기 위한 추론 과정에 사용된다. 본 교수·학습 시스템에서 사용되는 학습내용의 기본 구조는 그림 2와 같다. 각 학습내용은 크게 여러 개의 장(chapter)들로 구성되고, 각 장은 여러 개의 절(section)들로 구성된다. 또한 각 절은 학습의 주제 단위인 프레임(frame)들로 구성된다.

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

수준별 학습내용의 제공을 위해 각 절의 학습목표(LT, Learning Target)에 중요도인 LT_Deg , 학습목표와 프레임들간의 관련성인 LT_F_Rdeg , 학습목표와 평가문제들간의 관련성인 LT_Q_Rdeg , 프레임의 난이도인 $F_$

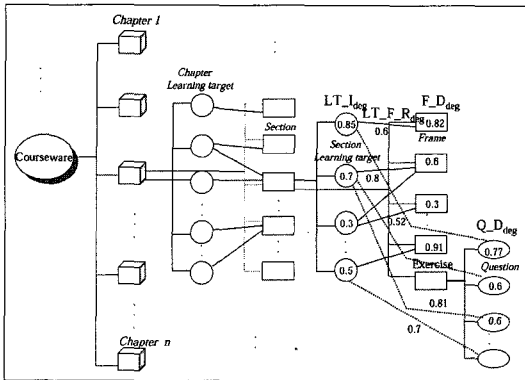


그림 2 학습내용 구조

D_{deg} , 평가 항목의 난이도인 $Q_{D_{deg}}$ 가 정의되고, 각각 [0, 1] 사이의 값으로 부여된다.

3.2 문항반응이론에 의한 CAT 기반의 학습 평가

본 교수·학습 시스템에 도입하고 있는 학습 평가는 학습자의 능력에 따라 문항을 추출하여 개별적인 검사를 함으로써 학습자의 능력 정보를 정확히 파악할 수 있도록 문항반응이론에 의한 CAT에 기반하여 구현되었다. 본 시스템에서 생성되는 학습자 능력 추정치인 수치값 (-3~+3)은 매평을 통해 언어 변수의 학습자 수준으로 표현됨으로써 수준에 따라 학습내용을 제공하는 것이 가능하게 되고, 학습자 측면에서는 자신들의 학습 수준을 파악하기 쉽다. 본 시스템에서 학습자 수준은 크게 5 단계로 정의되며 이에 대한 내용은 3.3절에서 기술된다.

CAT를 이용한 학습자의 능력 측정은 그림 3과 같은 단계를 거쳐 이루어진다. 먼저, 초기에 임의의 능력 추정치를 부여하고, 임의의 능력 추정치에 최대 문항 정보

를 제공하는 문항을 데이터베이스에서 추출하여 제시하게 된다. 각 문항에 대한 모수치는 미리 실험을 거쳐 데이터베이스에 저장되어 있다. 학습자가 그 문항에 정답을 선택하면 학습자의 능력 추정치는 증가하고, 오답을 선택하면 피험자 능력 추정치는 낮아진다. 다시 재추정된 능력 추정치에 따라 최대 정보를 제공하는 문항을 다시 제시하게 된다. 이와 같은 과정을 통해 평가의 종료 기준이 만족할 때까지 반복하여 실시하게 되고 최종적으로 평가 종료 기준을 만족하게 되면 그 능력 추정치가 학습자의 최종 능력이 된다.

문항반응이론 기반의 CAT 시스템은 문항의 변별도, 난이도, 추측도와 같은 문항 모수치를 기초로 하여 이루어지며, 본 논문에서는 난이도와 변별도를 고려하는 2모수 로지스틱 모형을 채택하였다. 각 문항에 대한 모수치를 구하기 위해 BILOG를 이용하였다. $P(\theta)$ 를 문항의 답을 맞힐 확률, 변별도 모수를 a , 난이도 모수를 b , 학습자의 능력 수준을 θ 라고 하면 2모수 로지스틱 모델은 식 (1)과 같다.

$$P(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-a(\theta - b)}} \quad (1)$$

학습자의 능력에 맞는 문항을 선택하기 위해서는 문항 정보값이 최대인 문항을 선택해야 하며, 이때 2모수 로지스틱 모형에 맞는 문항 정보값을 구하는 문항 정보 함수는 식 (2)와 같다.

$$I_i(\theta) = a_i^2 P_i(\theta) \{1 - P_i(\theta)\} \quad (2)$$

문항 정보 함수란 문항이 전체 능력 범위에 흩어져 있는 피험자의 능력을 얼마나 정확하게 추정하고 있는지를 나타내는 것으로, 문항 정보 값이 높으면 피험자의 능력을 정확히 추정하였다는 것을 의미한다. 즉, 검사 문항이 피험자의 능력 수준과 같을 때 피험자의 능력을 정확하게 추정할 수 있기 때문에, 문항 정보 값이 최대인 문항을 선택하여 학습자에게 제공한다.

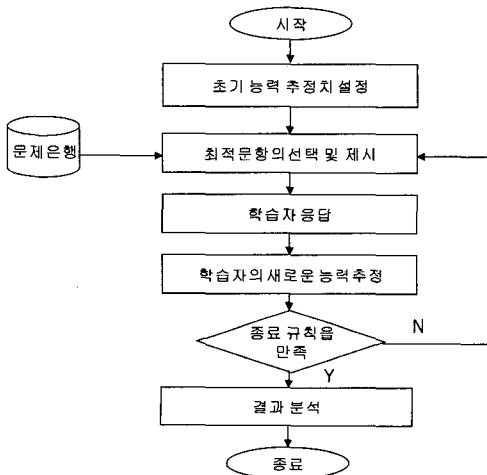


그림 3 학습 평가 단계

표 1 $\theta=0$ 일 때 문항 정보 함수값들

문항	변별도	난이도	$I_i(\theta)$
3	1.36	0.34	0.267
6	2.36	0.14	0.866
9	1.54	1.13	0.123
10	0.55	0.56	0.037

표 1은 학습자의 초기 능력치 θ 값을 0으로 설정하고 각 문항들에 대한 문항 정보 값들을 구한 내용이다. 문항 6번의 $I_i(\theta)$ 의 값이 0.866로서 가장 크기 때문에 학

습자에게 6번 문항이 제공된다.

학습자의 평가 결과에 따라 학습자의 능력치를 추정하는 과정을 반복하게 되며, 추정 방법은 최대 우도 추정법을 사용한다. 이에 관한 추정식은 식 (3)과 같다:

$$\theta_{s+1} = \theta_s + \frac{\sum_{i=1}^N a_i [U_i - P_i(\theta_s)]}{\sum_{i=1}^N a_i^2 [P_i(\theta_s) \times (1 - P_i(\theta_s))]} \quad (3)$$

위 식에서 θ 는 s번째 반복 교정을 통해 얻은 능력 추정치, a_i 는 문항 i의 변별도, U_i 는 학습자의 문항 i에 대한 응답을 나타낸다.

이러한 능력 추정 과정을 종료시키는 방법은 문항의 수를 일정하게 제한하는 방법과 측정의 표준 오차가 최소로 되었을 때 종료시키는 방법이 존재한다. 본 연구에서는 최소 10문항을 치를 수 있도록 하며, 앞 시행에서 계산된 능력 추정의 표준 오차와 현재의 시행 후 계산된 능력 추정의 표준 오차의 차이가 0.01 이하이면 종료시키도록 한다.

능력 추정치와 관련된 표준 오차는 한 수험자에 대해 제공된 문항들의 집합이 수험자의 능력 수준에 대해 제공한 정보의 양을 결정함에 의해서 계산되어지며, 아래의 식에 의한다.

$$SE(\theta) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^N I_i(\theta)}} \quad (4)$$

표 2 문항이 제시된 후 응답에 따른 새로운 능력 추정치

문항	U_i	a	b	$P_i(\theta)$	$I_i(\theta)$	$SE(\theta)$	θ_{s+1}
6	1(정답)	2.36	0.14	0.417	0.866	1.219	0.804

표 2는 표 1에서 6번 문항이 제시되고 이를 학습자가 정답을 맞추었을 경우 식 (3)과 식 (4)를 이용하여 구한 새로운 능력 추정치와 능력 추정에 대한 표준 오차값을 나타낸다. 이 경우, 표준 오차값이 크고, 능력 추정에 대한 종료 조건이 만족되지 않기 때문에 새로운 능력 추정치에 적합한 문항을 찾아 학습자에게 제공해야 된다. 이는 위에서 기술된 것처럼, 능력 추정치 $\theta_{s+1} = 0.804$ 에 대해 각 문항에 대한 문항 정보 함수값을 구하여 최대값을 갖는 문항을 학습자에게 제시한 후, 학습자의 응답에 따라 새로운 능력 추정치와 표준 오차를 구하여 종료 조건이 만족되는지 체크한다. 이러한 방식으로 종료 조건이 만족될 때까지 반복하게 된다.

본 논문에서는 학습자 능력 추정 과정에 의해서 최종적으로 구해진 추정치를 언어적인 표현인 학습 수준으로 변환함으로써 학습자는 자신의 수준을 이해하기 쉽고, 시스템은 학습내용을 학습자 수준에 적절하게 제공할 수 있다. 이를 위해 다음과 같은 과정을 거친다. 먼

저, 값의 범위가 -3~3인 능력 추정치를 0~1의 형태로 변환하기 위하여 다음과 같은 문항반응이론의 진점수(True Score) 개념을 이용한다. 능력 추정치 θ 에 해당되는 진점수(π)는 다음과 같은 식 (5)에 의해 구해진다.

$$\pi(\theta) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(\theta) \quad (5)$$

위 식을 통해 구해진 진점수는 학습자 수준, 즉, 부진, 기초, 보통, 우수, 최우수 의 5단계로 그림 4와 같이 매핑된다.

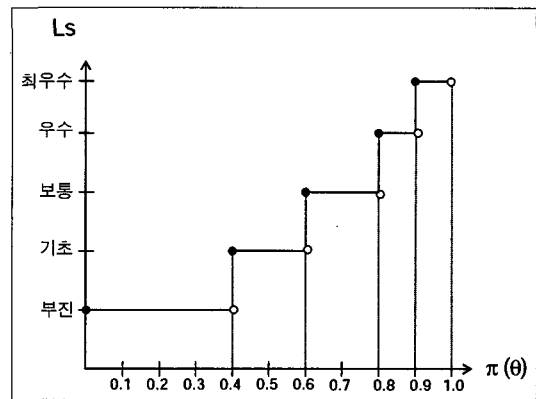


그림 4 진점수에 따른 학습자 수준 매핑도

3.3 수준별 학습을 위한 동적 학습내용 구성

수준별 학습을 위한 동적 학습내용의 구성은 퍼지 집합에 기반한 학습내용의 구성과 평가 결과 분석에 의한 반복 학습내용 구성으로 이루어진다. 먼저, 학습자의 수준에 적합한 학습내용을 제공하기 위해서 본 교수·학습 시스템에서는 학습자의 수준을 다음과 같이 분류한다. 학습자의 수준 집합, $L = \{부진, 기초, 보통, 우수, 최우수\}$ 의 5단계로 정의된다. 학습자의 수준 집합에서 가장 낮은 단계인 “부진”은 학습 수준이 매우 저조한 상태를 의미하며, 현재 학습할 내용보다는 그 학습과 관련된 선수 학습에 관한 내용을 학습할 수 있도록 조인한다. “최우수”는 가장 수준이 높은 단계를 의미한다.

학습내용은 학습자의 수준에 따른 학습목표의 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 높은 것에서 중간정도까지인 학습목표가 먼저 선택되고 이와 관련된 프레임 중에서 관련도가 높은 것에서 중간 정도까지인 프레임이 추출

표 3 학습자 수준에 따른 각 항목별 학습내용구성 기준

학습자 수준 \ 항목	학습목표의 중요도 (LT_I _{deg})	학습목표와 관련된 프레임 (LT_F_R _{deg})	프레임 난이도 (F_D _{deg})
기초	most important	most related	easy
보통	from most important to more important	from most related to more related	from easy to medium
우수	from most important to more or less important	from most related to more or less related	from medium to difficult
최우수	from most important to less important	from most related to less related	difficult

되며, 이들 중 난이도가 쉬운 것부터 중간정도까지의 프레임들의 집합이 구성되어 학습자에게 제공된다. 다음 표는 각 학습자 수준별로 구성되는 학습내용 집합의 기준을 보여주고 있다.

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

$$F = \{ \mu_F(u_1) / u_1, \mu_F(u_2) / u_2, \dots, \mu_F(u_n) / u_n \} \text{ for all } u_i \in U, 1 \leq i \leq n$$

이 소속성 함수는 각 항목에 부여된 값에 따라 표 3에서 예시하는 것과 같이 각 학습자의 수준에 맞게 제공되어야 할 각 항목의 수준별 집합을 정의하기 위해 사용된다. 예를 들어, 난이도에 의한 “우수” 퍼지 수준 집합은 난이도가 의미적으로 “medium에서 difficult”에 일정한 임계 값 이상으로 해당하는 프레임 집합이다.

표 3의 기준을 만족하는 퍼지 수준 집합을 구성하기 위한 각 항목별 소속성 함수를 μ_i 라 할 때, 학습목표의 중요도와 학습목표와 프레임의 관련도의 각 수준에 속할 소속성을 구하기 위한 소속성 함수는 다음과 같다.

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

여기서 $i \in \{\text{최우수, 우수, 보통, 기초}\}$

또한 프레임의 난이도에 관한 각 수준에 속할 소속성 값을 구하는 소속성 함수는 다음과 같다.

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1.2/(1.2+((c_i-x)/k)^2), & x \leq c_i \\ 1 & x > c_i \end{cases}$$

$i = \text{“최우수”일 경우,}$

$$\mu_i(x) = 1.2/(1.2+((c_i-x)/k)^2),$$

$i = \text{“우수” 또는 “보통”일 경우,}$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1.2/(1.2+((c_i-x)/k)^2), & x \geq c_i \\ 1 & x < c_i \end{cases}$$

$i = \text{“기초”일 경우.}$

각 함수에서 k와 c_1, c_2, c_3, c_4 는 소속성 함수의 가변성을 주기 위해 전문가에 의해 입력된다고 가정한다. 만약 프레임의 난이도에 대한 소속성 함수에서는 $k=0.3, c_{\text{최우수}}=0.7, c_{\text{우수}}=0.6, c_{\text{보통}}=0.4, c_{\text{기초}}=0.2$ 로 가정하였을 경우 그림 5와 같이 각 항목의 값이 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다.

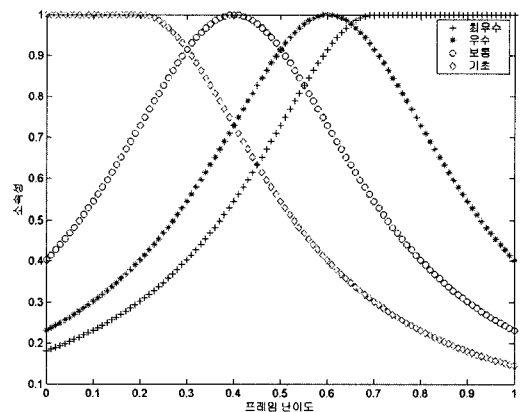


그림 5 프레임 난이도의 수준별 소속성

이상에서 정의한 소속성 함수에 의해 각 항목들의 소속성 정도가 구해지고 이는 학습자의 수준을 고려하여 제공될 학습내용인 프레임을 구성하는데 이용된다. 다음은 학습자 수준에 맞는 학습내용을 구성하기 위해 이상에서 정의한 소속성 함수를 이용하는 과정을 설명하고 있다.

학습자 수준 집합에서 “저조”에 속하는 학습자는 다음 단계의 학습을 수행하기 전에 반복학습을 하는 것으로 가정하여 부분수준집합, $subL = \{\text{최우수, 우수, 보통, 기초}\} \subset L$ 로 정의하자. lt 를 학습목표, $lt_{i\text{deg}}$ 를 학

습목표에 부여된 중요도라 하자. 이때 임계값 α 이상의 중요도에 의한 학습목표의 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의한다.

$$LT(l)_\alpha = \{l | \mu(l - i_{deg}) \geq \alpha, l \in subL_C\}$$

f 를 프레임이라 하고, lt_{f_rdeg} 를 학습목표와 프레임사이의 관련도라 하면, 임계값 α 이상의 관련도에 의한 학습목표와 프레임의 순서쌍으로 이루어진 퍼지 수준 집합은 다음과 같이 정의된다.

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

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

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

이때, $l \in subL$ 이고, $at_{l,i}$, $at_{l,f,r}$, af_d 를 각각 학습목표의 중요도, 학습목표와 프레임간의 관련도, 프레임의 난이도에 대한 임계값이라고 하면, 학생의 수준별로 제공될 프레임의 집합 $C(l)_\alpha$ 는 다음과 같이 구성된다.

$$C(l)_\alpha = \{f | lt \in LT(l)_{\alpha_{a_{l,i}}} \wedge (l, f) \in LT-F(l)_{\alpha_{a_{l,f,r}}} \wedge f \in F(l)_{\alpha_{a_{l,d}}}\}$$

여기서 $\alpha' = (at_{l,i}, at_{l,f,r}, af_d)$

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

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

본 교수·학습 시스템에서는 평가를 다 마친 후에 평가 결과를 분석하여 학습자에게 반복시킬 학습내용을 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 논문에서는 다음과 같이 학습내용을 크게 두가지로 구분하여 분석한다. 먼저, 학습

한 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 학습내용과 평가내용과의 관련성 정보를 알고 있어야 하며, 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 4는 이에 관한 테이블 정보를 보여주고 있다.

표 4 학습내용과 평가 결과 분석

학습내용	학습여부	관련 평가 문제	평가 결과	분석 정보	동적 연결
프레임 1	예	문제 1	O	C	
프레임 2	아니오	문제 2	O	C	←
		문제 4	X	R	
프레임 3	예	문제 3	X	R	←
프레임 4	예	문제 4	X	N	
프레임 5	예	문제 5	O	C	
		문제 7	O	C	
프레임 6	아니오	문제 6	O	K	
프레임 7	예	문제 7	O	C	
프레임 8	예	문제 7	O	C	←
		문제 8	X	R	
		문제 9	O	C	

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

표 4에서 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 학습내용에 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.

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

표 4에서는 프레임 2, 프레임 3, 프레임 8이 동적으

```

Procedure Dynamic_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 the learner
    
```

그림 6 반복학습을 위한 동적 구성 알고리즘

로 연결된다. 그림 6은 이 과정에 대한 알고리즘을 보여 주고 있다.

4. 시스템의 설계 및 구현

본 장에서는 3장에서 기술된 학습 평가와 동적 학습 내용 구성을 구현한 것으로 학습 단계와 평가 단계를 연계한 적응형 교수 시스템의 설계 및 구현에 대해서 살펴본다. 본 교수·학습 시스템은 그림 7과 같이 4개의 모듈들과 3개의 데이터베이스, 1개의 지식 베이스로 구성된다. 4개의 모듈들은 학습과정 중에 있는 학습자의 학습 특성을 모니터링하는 학습정보 수집 모듈, 학습자의 수준을 추정하기 위한 학습평가 모듈, 추정된 학습자의 수준에 따라 학습내용을 제공하는 교수전략 모듈, 그리고 적응적인 학습내용을 제공하기 위해 학습내용을

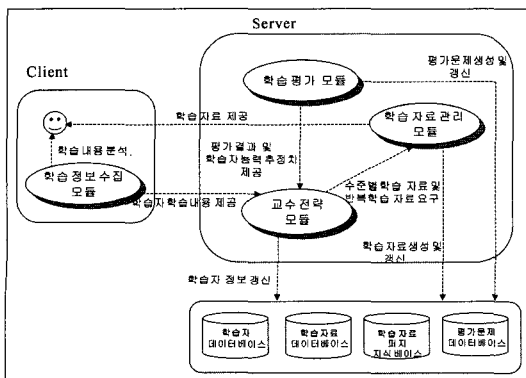


그림 7 교수·학습 시스템의 구성

구조적으로 정의하고 관리하는 학습자료 관리 모듈이다. 학습평가 모듈은 학습자 능력에 따라 문항을 추출하여 개별적인 검사를 함으로서 학습자의 능력 정보를 정확히 파악할 수 있도록 문항반응이론에 의한 CAT 시스템으로 구축되었다. 이 평가 시스템 모듈로부터 생성된 학습자 능력 추정치는 매평 단계를 거치면서 5 단계의 언어변수 학습자 수준으로 변환됨으로써 수준에 따라 학습내용을 제공하는 것이 가능하게 된다. 교수 전략 모듈은 학습정보 수집 모듈과 학습평가 모듈로부터 정보를 전달받아 학습자의 학습 특성에 맞는 조건을 제공하고, 차기 학습시 학습자의 수준에 맞는 학습이 이루어질 수 있도록 한다. 학습자의 수준에 따라 학습내용을 제공하기 위해, 퍼지 집합에 기반하여 수준별 집합을 구성 및 관리한다. 또한, 평가 후 학습자에게 반복 학습이 필요한 내용을 동적으로 구성하여 제공하기 위해 학생의 학습내용과 평가 결과를 분석하여 학습 자료 관리 모듈에게 전달한다.

본 논문에서 제안하고 있는 교수·학습 시스템의 개발 환경은 표 5와 같다.

표 5 시스템의 개발 환경

구분	사양	
소프트웨어	운영체제	Window 2003 Server
	웹서버	IIS6.0
	DBMS	SQL 2003
	저작언어	DHTML, JavaScript, ASP
	웹브라우저	Internet Explorer 6.0
하드웨어	CPU	Intel Pentium III 933MHz
	RAM	512 MB
	HDD	100GB

본 교수·학습 시스템에서는 학습 메뉴를 통해 학습 내용 확인, 학습수준 확인, 학습내용 선택, 학습 조건 등의 기능을 제공한다. 학습내용 확인은 지금까지 학습자가 학습한 내용에 대한 이력을 확인할 수 있도록 하고 있으며, 학습수준 확인을 통해 학습자의 학습 수준을 알 수 있다. 처음 시스템을 이용하는 학습자인 경우에는 학습 수준에 대한 정보가 없기 때문에, 학습하기 위해서는 학습자가 직접 학습수준과 학습내용을 선택하여 학습을 할 수 있도록 하고 있다. 그림 8은 학습자들의 학습 수준을 확인하고 학습내용을 제공하는 화면으로 학습자의 수준에 맞는 학습내용이 제공된다.

평가 메뉴는 평가내용 확인, 평가내용 선택, 평가결과 확인, 반복학습 조건 등의 서브메뉴들로 구성된다. 평가 내용 확인은 학습자가 지금까지 수행한 평가 내용을 보여주는 화면이다. 그림 9에서 평가 화면과 평가를 수행 후 그 결과를 보여주는 화면, 그리고 평가가 끝난 후,

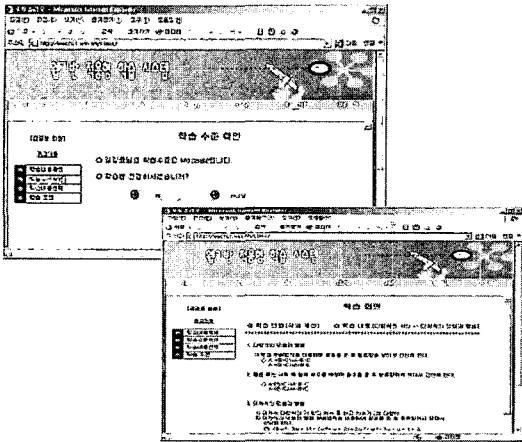


그림 8 학습 수준과 학습내용 화면

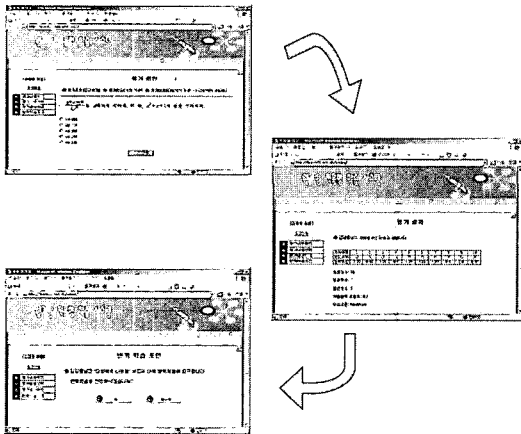


그림 9 평가와 반복 학습 화면

학습자에게 반복학습이 필요한 부분을 조언해주는 반복 학습 화면을 보여주고 있다.

5. 실험 분석 및 타 시스템들과의 비교

5.1 실험 분석

본 연구의 실험 분석을 위해 중학교 2학년의 수학 “다항식의 연산”단원에 관해 수학 담당 선생님들의 조언과 도움을 받아 학습내용과 평가문항을 개발하여 실험을 수행하였다. 본 시스템의 효능을 검증하기 위해 중학교 2학년의 두 학급을 선정하여 실험반 1학급, 비교반 1학급으로 선정하고, 학업 성취도의 사전 검사와 사후 검사를 t검정을 통하여 분석하였다. 먼저, 실험대상의 동질성 검사를 위해 학업 성취도에 대한 사전 검사를 25개의 평가문항을 가지고 실시하였다. 표 6에서 나타나는 바와 같이 유의미한 차이가 없으므로 실험반과 비교반에는 동질성이 있다고 밝혀졌다($t = 1.268, p > .05$).

표 6 실험반과 통제반의 학업성취도 사전 검사

구분	인원	평균	표준편차	t 값	유의수준
실험반	35	63.87	4.23	1.268	.203
비교반	35	62.91	4.68		

기 초

1. 다음 식을 계산할 경우 맞는 답을 고르시오

$3a^2 \times 2a^3$

(1) $6a^5$ (2) $3a^6$ (3) $2a^6$ (4) $6a^6$

우 수

1. 다음 다항식의 곱셈을 할 경우 옳은 답을 고르시오

$(-4ab^2)^2 \times (-2a^2b^3c)^3 \times 3abc$

(1) $24a^6b^9c^{11}$ (2) $-24a^6b^9c^{11}$ (3) $24a^6b^9c^{14}$ (4) $-24a^6b^9c^{14}$

그림 10 학생의 학습 수준이 “기초”인 경우와 “우수”인 경우 평가문항의 예

실험반을 대상으로 4주동안 1주일에 2시간씩 본 시스템을 이용하여 교수·학습을 진행하였다. 학습단계에서 각 학생들에게 주어지는 학습의 내용은 사전 검사를 통해 수집된 각 학생의 수준에 따라서 다르게 제시되었고, 학습단계가 끝나면 학생들은 평가단계에서 각 수준에 맞는 평가문항을 제시받아 풀도록 하였다. 이때 문항반응이론에 의해서 평가가 이루어지기 때문에 각 학생에게 제시되는 문항과 그 문항의 개수는 각각 다르게 제시되었다. 그러나, 최소한 10문항 이상을 치를 수 있도록 하였으며, 평가가 끝나면 각 학생들은 자신들의 학습 수준을 확인할 수 있도록 하였다. 또한, 시스템에 의해 각 학생들의 학습내용과 평가결과가 분석되어 반복적으로 학습해야 할 내용이 학생들에게 제시되었고, 학생들은 그 내용을 다시 반복 학습하도록 하였다. 그림 10은 평가단계에서 제시되었던 “다항식의 곱셈”에 대한 평가문항의 한 예로 학습자의 수준이 “기초”인 경우와 “우수”인 경우를 보여주고 있다.

실험 처치 후 학업 성취도에 대한 사후 검사는 각각 25 문항을 통해 실시하였고 표 7과 같이 실험반과 비교반의 학업 성취도 차이는 통계적으로 유의미하게 나타났다($t=3.125, p < .05$). 각 집단별 학업 성취도 검사의 평균점수는 실험반 67.53점, 비교반 63.40점으로 본 시스템을 이용하여 교수·학습을 진행한 실험반이 더 높게 나타났다.

표 7 실험반과 통제반의 학업성취도 사후 검사

구분	인원	평균	표준편차	t 값	유의수준
실험반	35	67.53	5.04	3.125	.002
비교반	35	63.40	4.41		

위의 결과를 토대로 본 시스템은 학습자들의 학업 성취도에 긍정적인 영향을 주었음을 볼 수 있다.

5.2 타 시스템들과의 비교

표 8은 본 연구에서 개발한 시스템과 기존의 문항반응이론과 퍼지 개념을 이용한 웹기반 교수 시스템들과의 특징을 비교 분석한 것이다. 표 7의 분석 결과를 통해 볼 수 있듯이, 모든 시스템들이 학습 과정에서 학습자의 지식 수준을 평가하는 것을 기본적으로 지원하고 있음을 알 수 있다. [10]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 효과적으로 제공하기 위해서는 학습자의 학습과정을 모니터링하는 것이 우선적으로 요구되며, 또한 학습내용을 구조적으로 정의하고 관리하는 것이 요구되지만, [11]의 연구에서는 이를 지원하고 있지 않다. [12]의 연구에서는 동적 학습내용 구성을 통한 적응적 학습을 지원하고 있지만, 학습 단계와 평가 단계를 연계시키지 않고 있으며, 반복학습을 지원하고 있지 않다.

표 8 타 시스템들과의 비교 분석

특징 \ 시스템	[1]	[2]	[10]	[11]	[12]	[13]	본 시스템
학습수준 판별	○	○	○	○	○	○	○
학습내용의 구조적 구성	×	×	×	×	○	×	○
학습 단계와 평가 단계를 연계	×	×	×	×	×	×	○
학습과정의 모니터링	×	×	×	×	○	○	○
수준별 동적 학습내용 구성	×	×	×	△	○	○	○
반복학습 제공	×	△	×	×	×	×	○

6. 결론

본 논문에서는 학습자의 개별화된 특징에 맞는 수준별 학습내용과 그에 따른 평가 문제를 제공하는 적응형 교수·학습 시스템을 개발하였다. 특히, 본 시스템은 학습 단계와 평가 단계를 연계하여 효과적인 교수·학습이 이루어지도록 하였다. 수준별 학습을 위해 학습내용을 퍼지 소속성 함수에 의해 퍼지 수준 집합으로 구성

하여 제공하고 있으며, 평가 과정에서도 문항반응이론을 이용함으로써 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 학습한 내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학습자에게 제공하도록 하고 있다.

향후 연구 과제로, 다양한 과목을 적용하여 시스템의 효과를 분석하는 작업이 요구되며, 보다 효과적인 적응형 학습을 지원하기 위해 학습자들의 내재적인 특성을 고려하는 것도 의미있으리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] 송은하외 3인, “문항반응이론에 의한 학습자 평가 시스템 설계 및 구현”, 한국 컴퓨터 교육학회 논문지, 제 6권 제2호, pp.1-8, 2003.
- [2] 백소영, 김명, “수준별 개별 학습을 지원하는 문제은행 시스템의 설계와 구현”, 한국 컴퓨터 교육학회 논문지, 제3권 제2호, pp.31-37, 2000.
- [3] 박종선, 김기석, “사이버 교육 시스템에서의 개별학습을 위한 적응적 탐색 지원 기법 연구”, 한국 컴퓨터 교육학회 논문지, 제5권 제1호, pp.85-98, 2002.
- [4] 이동춘, 권기태, “웹기반 학습자 개별 적응 평가 시스템의 개발”, 한국 컴퓨터교육학회 논문지, 제4권 2호, pp.21-29, 2001.
- [5] 성태제, 문항반응이론의 이해와 적용, 교육과학사, 2001.
- [6] 김영환외 2인, 컴퓨터기반 적응적 검사(CAT)의 이론과 실제, 문음사, 2002.
- [7] R. K. Hambleton, Item Response Theory Principles and Application, Kluwer · Nijhoff Publishing, 1985.
- [8] 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.
- [9] J. M. Bradshaw, Software Agent, MIT Press, 1997.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] G.D.Magoulas, K.A.Papanikolaou and M. Grigoriadou, “Towards a Computationally Intelligent Lesson Adaptation for a Distance Learning Course,” In the Proc. of the INNS-IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp.629-634, 2000.

[13] 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.

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

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

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

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

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

[19] 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.

[20] 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.

[21] 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.

Post Doctoral Researcher. 2005년 2월~현재 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 전임강사. 관심분야는 E-Learning, Multimedia Information Retrieval, Machine Learning



백 현 기

2002년 2월 우석대학교 교육학석사(컴퓨터교육 전공). 2003년 2월~현재 전북대학교 교육학과 박사과정. 2002년 3월~현재 우석대학교 컴퓨터교육학과 겸임교수. 관심분야는 컴퓨터교육, 원격교육, 교수설계, 교육평가, 전문가 시스템 등



최 속 영

1988년 8월 전북대학교 이학사(전산학)
1991년 2월 전북대학교 이학석사(전산학). 1996년 2월 충남대학교 이학박사(전산학). 1996년 3월~현재 우석대학교 컴퓨터교육과 교수. 관심분야는 E-learning, Distance Education, Web Application,

Ontology



양 형 정

1991년 2월 전북대학교 자연과학대학 전산통계학과 학사. 1993년 2월 전북대학교 자연과학대학 전산통계학과 석사. 1998년 8월 전북대학교 자연과학대학 전산통계학과 박사. 2000년 3월~2002년 2월 동신대학교 컴퓨터응용학부 전임강사. 2002년 3월~2003년 3월 Knowledge Tech 부설 Multimedia DB 연구소 선임연구원. 2003년 3월~2005년 1월 Carnegie Mellon University, Department of Computer Science,