한국산업정보학회논문지 제9권 제4호(2004. 12)

WBI 시스템에서 학습능력을 고려한 출제 문제의 난이도 재조정 알고리즘

(Degree of Difficulty Adjustment Algorithms of Selection Question using Education Ability in WBI)

김 은 정* , 류 희 열**

(Eun-Jung Kim , Hee-Yeol Ryu)

요 약 웹 기반의 원격 교육에서 평가를 위해 출제되는 문제들은 주로 고정 출제나 무작위 출제 방식 또는 난이도에 따른 자동 출제 방식을 이용하고 있다. 이중에서 난이도에 따른 자동 출제 방식은 학습자들의 평가 결과에 따른 난이도 재조정으로 문제 은행의 문제들에 대한 객관성을 유지하는 것이 중요한 문제이다. 이에 본 논문에서는 난이도에 따른 자동 출제 방식에서 문제은행의 난이도를 재조정함에 있어서 학습자들의 평가 결과와 학습자들의 학습 능력을 함께 고려한 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제시한다. 제시된 알고리즘을 구축된 웹기반 학습 시스템에서 기존 알고리즘과 비교 분석한 결과 보다 효율적으로 문제 난이도를 관리할 수 있음을 확인할 수 있었다.

핵심주제어 : 원격 교육, 웹 기반 교육, 문제 출제, 교육 평가 시스템, 문제 은행

Abstract Most questions made for remote examinations on web-based education system use methods of making questions using fixed questions or randomly using item pools or automatically using degree of difficulty. Particularly, automatically selection methods using degree of difficulty is the kernel of a question that objectivity of examination questions by degree of difficulty adjustment based result of examination. This paper is use automatically selection methods for examination on web-based education system. Therefore we present new algorithms of mediateness degree of difficulty as regards education ability of students for adjust the degree of difficulty. We identified this algorithms is more effective as compared with previously algorithms on web-based education system

Key Words : Remote Education, Web Based Education, Question Selection, Education xamination System, Question Bank

1. 서 론

WBI(Web based Instruction)형태의 웹 기반 학습 시스템은 온라인 상에서 언제든지 학습자들을 학습시킬 수 있는 유용한 방법으로 알려지면서 교육 분야에 많은 변화를 가져왔다. CAI(Computer Aided Instruction)형태인 오프라인 학습방법에서 벗어나 가상의 공간에서 교수자와 학습자가 상호작용으로 교수 학습할 수 있는 방법으로서, 교수자는 웹상에서 학습 내용을 입력하고 평가를 위한 문제 출제를 한다. 그리고 학습자도 웹을 통해 학

* 부산외국어대학교 교양연계학부
** 동의공업대학 컴퓨터정보계열

습을 하고 자신의 학습 능력을 평가하기 위해 웹상에서 주어지는 문제를 풀고 결과를 바로 확인함으로써 부족한 부분의 재학습이 이루어진다. 따라서 온라인상에서의 학습은 학습자 스스로 올바른 진단을 함으로써 다음의 학습 진도 및 방향을 스스로 판단해야 하므로 평가 방법 및 평가 문제가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

일반적으로 웹 기반 학습 시스템에서 평가를 위해서는 문제 은행 방식을 많이 이용한다. 이는 문제를 데이터베이스에 저장하여 관리하고, 이 데이터베이스에서 문제를 선택하여 학습자에게 문제를 제시하며 학습자는 주어진 문제로 시험을 치른 다음 시험 결과를 서버에 넘겨주면 실시간으로 학습자에게 평가 결과를 알려주는 형태로 이루어진다. 이러한 학습 시스템에서 보다 효율적인 평가를 위해서 문제 출제 방식 및 효율적인 문제 관리에 대한 연구가 많이 있어 왔다[1-12]. 기존 연구들을 요약해 보면 첫째, 무작위로 문제를 출제하는 방법이 있다. 이는 데이터베이스에 저장된 임의의 문제를 무작위 추출하는 방식으로서 학습자의 학습 능력이 전혀 고려되지 않을 뿐만 아니라 학업 성취도가 출제 문제에 전혀 반영되지 않기 때문에 학습자가 자신의 학습 능력 및 성취도를 스스로 진단하기에는 상당한 어려움이 따른다. 둘째 난이도를 고려한 무작위 추출 방법이 있다. 이는 문제를 데이터베이스에 등록할 때 해당 문제의 난이도를 입력함으로써 등록된 난이도를 고려하여 문제를 추출한다. 이로써 학습자들은 자신의 학업 성취도를 판단하여 다음의 학습 방향을 판단할 수 있다. 이 방법은 초기 난이도 부여의 객관성 입증과 학습자의 학업 성취도를 출제 문제에 반영하는 방법으로서 평가 결과에 따른 문제의 난이도 재조정함으로 인한 출제 문제의 신뢰성이 아주 중요한 문제이다.

본 논문에서는 웹 기반의 학습 시스템에서 문제의 난이도를 재조정함에 있어서 학습자들의 평가 결과뿐만 아니라 학습자의 학습 능력을 고려한 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제시한다. 제시하는 난이도 재조정 알고리즘은 학습자의 학습 능력을 고려하기 때문에 전체 시험응시자수 대비 정답자수만을 고려하여 난이도를 재조정하는 기존 알고리즘에 비해 보다 효율적으로 문제를 관리할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 웹기반 학습 시스템에서 평가를 위한 문제 출제 및 난이도 재조정에 대한 기존의 연구를 기술하고 본 논문의 설계 방향을 설명한다. 제 3장에서는 웹 기반의 학습 시스템에서 학습자의 학습 능력을 고려한 새로운 난이도 재조정에 대해서 설명한다. 제 4장에서는 본 논문에서 제시하는 알고리즘과 기존의 알고리즘을 구현 결과로써 비교 분석한다. 마지막으로 제 5장에서 결론 및 향후 과제로써 매듭을 짓는다.

2. 관련 연구 및 설계 방향

웹상에서의 가상 학습이 활발해짐에 따라 웹 기반 교육에서의 평가 방법에 관한 많은 연구 중에 [6]의 난이도에 따른 자동 문제 출제를 살펴보면, 문제 은행 데이터베이스에 등록되는 문제들은 출제자가 주관적인 판단에 의해 5단계의 난이도 중에서 임의의 난이도를 부여한다. 그리고 각 문제의 난이도를 기반으로 예상 평균 점수와 출제 문제수에 따라 출제되는 문제들의 정답률의 평균이 예상 평균점수가 되도록 자동 출제한다. 다음으로 출제된 문제들의 평가 결과를 기반으로 총시험 응시자수 대비 정답자수로서 정답률을 계산하여 이러한 정답률을 기반으로 난이도를 재조정한다. 또한 시험 횟수가 증가하게 되면 누적총시험응시자수 대비 누적정답자수로서 정답률의 신뢰성을 높이도록 한다. 대부분의 기존 연구에서는 이러한 방법으로 난이도를 재조정하고 있다. 즉 정답을 맞춘 응시자가 많을수록 난이도가 낮은 문제이고 정답을 맞춘 응시자가 적을수록 난이도가 높은 문제로 간주하고 있다. 이는 시험을 치른 학습자 개인 또는 집단의 평균 학습 능력이 전혀 고려되지 않기 때문에 단순히 문제를 맞춘 정답자수로서 정답률을 계산하여 문제의 난이도를 재조정한다는 것은 객관성이 떨어진다.

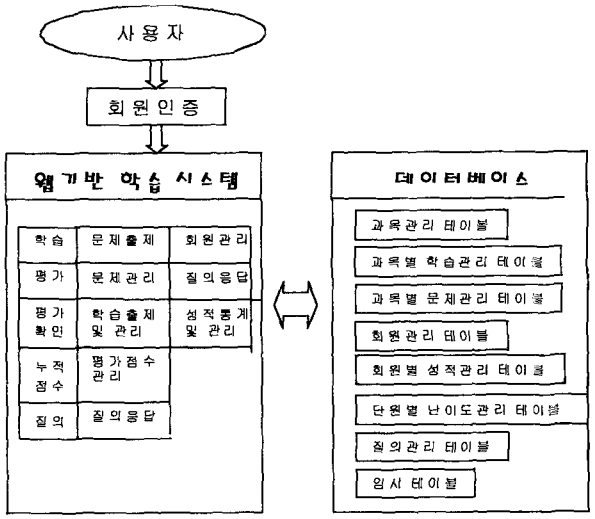
본 논문에서는 난이도 재조정을 함에 있어 전체 시험 응시자수 대비 정답자수로서 계산되어지는 정답률 뿐만 아니라 시험 응시자의 학습 능력을 함께 고려하여 문제의 난이도를 재조정한다. 이는 시험을 치른 개인이나 집단의 평균 점수에 따라 해당 문제의 쉬운 정도와 어려운 정도를 달리 측정한다. 즉 전체적으로 평점이 높은 집단에 비해

전체적으로 평점이 낮은 집단의 응시자들이 맞춘 문제는 상대적으로 난이도가 더 낮게 측정되어진다. 또한 전체적으로 평점이 낮은 집단에 비해 평점이 높은 집단에서 틀린 문제는 상대적으로 난이도가 더 높게 측정되어진다. 따라서 이 방법은 정답률만으로 재조정이 이루어지는 기존 알고리즘에 비해 출제 문제의 신뢰성을 높이는데 보다 효율적이다.

3. 학습 능력을 고려한 출제 문제의 난이도 재조정

3.1 전체 시스템의 설계 및 데이터베이스 구조

이전의 연구[7]에서 기사 시험을 위한 웹기반 학습 시스템을 설계한 바 있다. 시스템의 전체적인 구조는 그림 1과 같다. 사용자는 학습자, 교수자, 관리자로 회원 가입을 해야하며, 해당 모드로서 로그인을 해야 한다.



[그림 1] 학습시스템의 전체적인 구조

온라인 학습 시스템에서 사용하는 데이터베이스는 전체 8개의 테이블로 구성되어져 있다. 이중에서 [과목관리테이블]은 온라인 시스템에서 학습 및 문제 출제를 제공하는 과목에 대한 정보를 관리한다. [과목별학습관리테이블]은 각 과목별로 학습 내용을 관리한다. [과목별문제관리테이블]은 각 과목별로 출제 문제를 관리한다. [회원관리테이블]은 시스템을 사용하는 모든 회원에 대한 정보를 관리한다. [회원별성적관리테이블]은 시험에 응시한 모든 회원들에 대한 응시 결과 및 누적 점수들을 관리한다. [단원별난이도관리테이블]은 문제 은행의 각 과목별 문제들의 각 단원에서의 난이도 분포를 체크하여 관리한다. [질의관리테이블]은 회원들간의 질의 및 응답에 대한 정보를 관리한다. [임시테이블]은 학습자들에게 학습 내용 보여주거나 문제 출제등을 할때 임시로 사용한다. 본 논문의 출제 문제의 난이도 재조정과 관련있는 [과목별문제관리테이블]의 구조를 살펴보면 표 1과 같다. 본 시스템에서는 문제의 난이도를 '상','상중','중','중하','하'로 구분하여 관리한다. 각 난이도는 정답률과 오답률에 기초하여 난이도비율로 관리된다. 난이도별 난이도비율은 표 2와 같다. 초기 문제를 문제 은행에 등록할 때에 교수자가 문제에 초기 난이도를 부여함에 있어서의 객관성 결여 문제를 해결하기 위해서 본 시스템에서는 문제를 출제할 때 초기 난이도는 교수자의 의도를 배제하고 모두 '중'으로 부여한다. 따라서 난이도비율도 50으로 입력한다. 이는 학습자의 평가 결과에 따른 정답률과 오답률의 계산에 의해 난이도비율이 변화되고 그에 따라 난이도가 재조정된다.

[표 1] '과목별문제관리' 테이블의 구조

필드명	데이터형식	
단원	char	단원을 명시
문제	string	
보기1	char	
보기2	char	
보기3	char	
보기4	char	
정답	char	예, "보기2"
난이도	char	초기치 '중'
난이도비율	int	초기치는 50 (백분율)
문제등록일	date	최초 문제 등록일
최근난이도조정일	date	가장 최근의 난이도 조정일

[표 2] 난이도별 비율

난이도	난이도비율	비고
상	20%이하	아주 어려운 문제
상중	21 ~ 40%	어려운 문제
중	41 ~ 60%	보통인 문제
중하	61 ~ 80%	쉬운 문제
하	81%이상	아주 쉬운 문제

3.2 학습 능력을 고려한 난이도 재조정

제시하는 시스템에서는 출제 문제의 난이도 부여를 <표 2>의 난이도 비율에 기초하여 부여한다. 난이도 부여는 문제를 초기 등록할 시에는 모두 '중'으로 부여하고, 난이도비율도 50%로 부여한다. 그리고 학습자들의 평가가 이루어짐에 따라 자동적으로 해당 문제에 대한 정답률과 오답률을 계산하여 난이도 비율을 재조정하고 그에 따른 자동 난이도 조정이 이루어진다. 이는 초기 난이도를 부여함에 있어 출제자의 주관적인 관점에서 난이도를 부여하는데서 오는 출제 문제의 객관성이 결여되는 단점을 보완할 수 있다.

학습자 모드에 들어가면 평가를 위한 2가지 방법이 주어진다. 첫째, 학습에 따른 개인별 모의 평가를 할 수 있다. 이는 학습자 개개인이 스스로 학습하고 평가를 한 후, 평가 결과에 따른 재학습을 함으로써 자신의 학업 성취도를 관리한다. 둘째, 교수자에 의하거나 자동 문제 출제 방식에 의해 문제가 출제되고 특정 집단이 단체로 시험에 응시할 수 있다. 이는 실제 시험을 대비하여 정해진 시간내에 주어진 문제를 특정 집단의 학생들이 같이 응시해 보는 모의시험 방식이다.

3.2.1 개인별 평가

학생 개개인의 평가에 따른 난이도 조정은 학생 개인의 학습 능력에 따라 재조정된다. 즉 하나의 문제에 대해 학습 능력이 높은 학생과 학습 능력이 낮은 학생이 문제를 맞추었거나 또는 틀렸을 경우, 해당 문제에 대한 난이도가 서로 다르게 부여되어야 한다. 이는 한 문제를 특정 학습자가 맞추었다고 할 때 학습 능력이 높은 학습자와 낮은 학습자의 경우에 쉬운 정도가 서로 다르다는 의미이다. 학습 능력이 낮은 학습자가 맞춘 문제는 난이도가 더 내려가야 한다. 틀린 경우에도 마찬가지이다. 하나의 문제에 대해 학습 능력이 낮은 학습자에 비해 학습 능력이 높은 학습자가 틀렸다면, 해당 문제의 난이도는 더 높게 측정되어야 한다. 개인별 학습자의 학습 능력은 평가에 따른 평균점수로서 측정할 수 있다. 따라서 개인별 평가에 있어 모든 문제는 학습자의 평균점수로서 정답률과 오답률을 계산하여 다음과 같이 난이도 비율를 재조정한다.

$$\textit{난이도비율(\%)} = \text{c_difficult_rate} + \text{correct_rate}$$

$$\text{correct_rate(\%)} = \frac{1}{\frac{p_{average}}{100} * 10}$$

$$\textit{난이도비율(\%)} = \text{c_difficult_rate} - \text{error_rate}$$

$$\text{error_rate(\%)} = (\text{c_difficult_rate} * \frac{p_{average}}{100})$$

c_difficult_rate : *현재의 난이도비율,*
correct_rate : 정답률, error_rate : 오답률,
p_average : 개인 평균점수

예를 들어, 난이도비율이 50%인 하나의 문제에 대해 2명의 학습자가 정답을 맞힌 경우를 보자. 한 학습자는 평균점수가 90점이고, 한 학습자는 평균점수가 30점이다. 해당 문제에 대한 정답률에 의한 난이도비율의 변화는 다음과 같다. 즉, 평점이 90점인 학생이 맞힌 경우보다 평점이 30점인 학생이 맞힌 경우 해당 문제를 더 쉬운 문제로 볼 수 있다.

$$\textit{평점 90점} : 0.5 + \frac{1}{\frac{90}{100} * 10} = 0.6(60\%)$$

=>'중'

$$\textit{평점 30점} : 0.5 + \frac{1}{\frac{30}{100} * 10} = 0.8(80\%)$$

=> '중하'

틀린 문제에 대해서는 오답률로서 난이도비율을 재조정한다. 위와 같은 조건에서 두 학습자가 하나

의 문제를 틀렸을 경우 오답률에 의한 난이도비율의 변화는 다음과 같다. 평점이 30점인 학생이 틀린 경우보다 평점이 90점인 학생이 틀린 경우가 더 어려운 문제라고 볼 수 있다.

$$\text{평점 } 90\text{점} : 0.5 - (0.5 * \frac{90}{100}) = 0.5-0.45 = 0.05$$

=>'상'

$$\text{평점 } 30\text{점} : 0.5 - (0.5 * \frac{30}{100}) = 0.5-0.15 = 0.35$$

=>'상중'

3.2.2 특정 집단의 모의 평가

특정 집단의 학생들이 단체로 시험에 응시하는 경우의 난이도 조정은 총 시험 응시자수 대비 정답자수와 함께 집단의 전체 학습 능력도 같이 고려하여 난이도를 재조정한다. 즉 시험을 치른 집단의 전체 학습 능력에 따라 맞춘 문제의 쉬운 정도와 어려운 정도를 달리 측정한다. 이는 평균적으로 학습 능력이 높은 집단에서 맞춘 문제와 평균적으로 학습 능력이 낮은 집단에서 맞춘 문제는 쉬운 정도가 틀리다는 의미이다. 전체 20명으로 이루어진 평균적으로 학습 능력이 높은 A 집단과 평균적으로 학습 능력이 낮은 B 집단이 시험에 응시했을 때, A 집단에서 15명이 정답을 맞춘 문제 a와 B 집단에서 15명이 정답을 맞춘 문제 b에 대한 난이도는 서로 다르게 평가되어져야 한다. 즉 평균적으로 학습 능력이 낮은 학생들이 정답을 맞춘 문제 b가 문제 a보다 난이도는 더 낮게 측정되어야 한다. 집단에 대한 평균 학습 능력은 평가에 따른 집단의 평균 점수로서 측정할 수 있다. 따라서 특정 집단의 모의 평가에 있어 모든 출제 문제에 대하여 해당 문제를 맞춘 응시자 수가 많을 경우에는 전체 응시자수 대비 정답자수와 집단의 평균 점수로써 정답률을 계산하여 난이도 비율을 조정하고, 해당 문제를 틀린 응시자 수가 많을 경우에는 전체 응시자수 대비 오답자 수와 집단의 평균 점수로서 오답률을 계산하여 다음과 같이 난이도 비율을 재조정한다.

$$\text{난이도비율(\%)} = \text{c_difficult_rate} + \text{correct_rate}$$

$$\text{correct_rate} = \frac{correct_{cnt}}{total_{cnt}} * \frac{10}{group_{average}}$$

$$\text{난이도비율(\%)} = \text{c_difficult_rate} - \text{error_rate}$$

$$\text{error_rate} = \frac{error_{cnt}}{total_{cnt}} * \frac{10}{group_{average}}$$

c_difficult_rate: *현재의 난이도비율* ,
correct_rate: 정답률, error_rate : 오답률,
correct_cnt : 정답자수,error_cnt : 오답자수,
total_cnt: 총응시자수, group_average: 전체 그룹 평점

예를 들어, 난이도비율이 50%인 문제에 대해 60명으로 이루어진 두 집단 A, B가 모의 테스트를 한 결과 두 집단에서 모두 50명이 정답을 맞춘 경우를 가정해 보자. 집단 A는 전체 응시자의 평균 점수 90점이고, 집단 B는 전체 응시자의 평균 점수가 30점이라고 했을 때 해당 문제의 정답률에 의한 난이도비율의 변화는 다음과 같다. 즉, 상대적으로 학습 능력이 낮은 집단에서 많이 맞춘 문제가 더 쉬운 문제로 볼 수 있다.

$$\text{집단 } A : 0.5 + (\frac{50}{60} * \frac{10}{90}) = 0.59(59\%)$$

=> '중'

$$\text{집단 } B : 0.5 + (\frac{50}{60} * \frac{10}{30}) = 0.78(78\%)$$

=> '중하'

틀린 사람이 더 많은 문제에 대해서는 오답률로서 난이도비율을 재조정한다. 위와 같은 조건일 때 즉, 난이도비율이 50%인 문제에 대해 60명으로 이루어진 두 집단 A, B가 모의 테스트를 한 결과 두 집단에서 한 문제에 대해 모두 50명이 틀렸다고 가정해 보자. 이때 집단 A는 전체 응시자의 평균 점수가 90점이고 집단 B는 30점이라 했을 때 해당 문제의 오답률에 의한 난이도비율의 변화는 다음과 같다. 즉, 상대적으로 학습 능력이 높은 집단에서 많이 틀린 문제는 학습 능력이 낮은 집단에서 많이 틀린 문제에 비해 더 어려운 문제라고 볼 수 있다.

$$\text{집단 } A : 0.5 - (\frac{50}{60} * \frac{10}{90}) = 0.41(41\%)$$

=> '중'

$$\text{집단 } B \ : 0.5 - \left(\frac{50}{60} * \frac{10}{30} \right) = 0.22(22\%)$$

=> '상중'

위에서 설명한 개인 또는 집단의 모의 평가에 따른 난이도 재조정에 대한 알고리즘은 (그림 2)와 같다. 알고리즘을 분석해 보면 ①은 개인별 평가 후 각 문제에 대한 난이도를 조정한다. 전체 20문제에 대해서 루프를 돌면서(⑤) 각각의 현재난이도 비율과 개인의 평균점수를 인수로 받아(②) 정답률과 오답률을 계산하여 문제의 난이도 비율을 다시 계산하여 난이도를 재조정한다. 그리고 ③은 그룹별 평가 후 각 문제에 대한 난이도를 조정한다. 전체 20문제에 대해서 루프를 돌면서(⑥) 전체 인원수, 현 문제에 대한 정답자수와 오답자수, 그리고 전체그룹의 평균점수를 인수로 받아(④) 정답률과 오답률을 계산하여 문제의 난이도 비율을 다시 계산하여 난이도를 재조정한다. 이때 해당 문제를 맞춘 응시자 수가 많을 경우에는 정답률을 계산하고, 해당 문제를 틀린 응시자 수가 많을 경우에는 오답률을 계산하여 난이도 비율을 재조정한다.

```
Function p_exam_diff_change()                          ①
int count = 1
do while(count <= 20)                                  ⑤
     rs.move count
     p_난이도조정(평점, 현재난이도비율)
     count = count + 1
loop
End function

Function p_난이도조정(평점, 현재난이도비율)              ②
   if 정답 = 'Y'
     정답률 = 1 / (( 평점 / 100) * 10)
     현재난이도비율 = 현재난이도비율 + 정답률
   else
     오답률 = 현재난이도비율 * (평점/100)
     현재난이도비율 = 현재난이도비율 - 오답률
   end if
     난이도 비율에 따른 난이도 조정
End function

Function g_exam_diff_change()                          ③
int count = 1
do while(count <= 20)                                  ⑥
  rs.move count
  g_난이도조정(전체인원수, 정답자수, 오답자수, 전체평점)
  count = count + 1
loop
End function

Function    g_난이도조정(전체인원수,정답자수,오답자수,전체평점)
④
  if 정답자수 >= 오답자수
    정답률 = (정답자수 /전체인원수 ) * (10 / 전체평점)
    현재난이도비율 = 현재난이도비율 + 정답률
  else
    오답률 = (오답자수 /전체인원수 ) * (10 / 전체평점)
   현재난이도비율 = 현재난이도비율 - 오답률
  end if
    난이도 비율에 따른 난이도 조정
End function
```

[그림 2] 개인별_그룹별 난이도 재조정 알고리즘

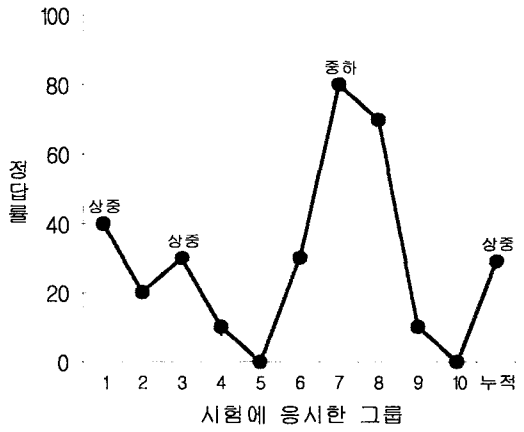
4. 실험 결과 및 분석

이전의 연구[7]에서 설계한 웹 기반 기사시험 학습 시스템을 구현하여 현재 기사 시험을 준비하는 학습자들을 대상으로 온라인 개인별 평가와 그룹별 평가 부분을 시행하고 있다. 여기서는 웹 기반 학습 시스템에서 기존의 알고리즘과 본 논문에서 제시하는 알고리즘을 각각 실험하여 그 결과를 비교 분석하였다.

난이도 재조정에 대한 분석을 위하여 전체 응시자수 대비 정답자수를 이용하여 난이도를 조정하는 기존의 알고리즘[6]과 본 논문에서 제시하는 알고리즘을 실험하여 그 결과를 비교하였다. 이를 위해 기존 알고리즘에서는 개인별 평가에 따른 재조정이 없기 때문에 본 알고리즘과의 비교 분석을 위해 그룹별 평가에 대해서만 실험하였다. 실험을 위하여 그룹의 총인원수를 10명으로 한정하여 전체 10개의 그룹에 대해 차례대로 그룹별 평가를 하였다. 그리고 각 그룹별 평가를 할 때 출제되는 20문제 중에 각각의 서로 다른 난이도를 가지는 특정 문제 5개를 반드시 포함하여 출제하였다. 그리고 평가 결과로서 난이도를 조정할 때 위의 두 알고리즘을 적용하여 특정 문제의 난이도가 어떻게 변해 가는지를 분석하였다. 특정 문제 5개중에서 난이도가 상에 가깝다고 판단되는 문제에 대한 분석 결과를 비교해 보자.

[표 3] [6]의 난이도 변화

그룹	총인원수	정답자수	***정답률***	*난이도*
1	10	4	***0.4***	*상중*
2	10	2	***0.2***	*상*
3	10	3	***0.3***	*상중*
4	10	1	***0.1***	*상*
5	10	0	***0.0***	*상*
6	10	3	***0.3***	*상중*
7	10	8	***0.8***	*중하*
8	10	7	***0.7***	*중하*
9	10	1	***0.1***	*상*
10	10	0	***0.0***	*상*
누적	100	29	***0.29***	*상중*



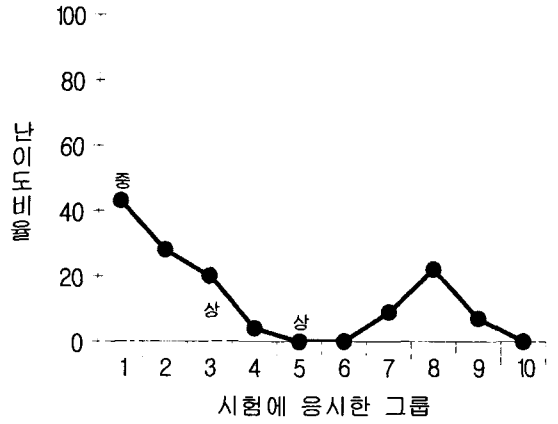
[그림 3] [6]의 난이도 변화 그래프

먼저, 기존의 알고리즘을 적용한 결과는 표 3과 같다. [6]에서는 전체 응시자수 대비 정답자로써 정답률을 계산하여, 정답률에 의해 난이도를 재조정한다. 그리고 시험 횟수가 증가하면 누적총시험 응시자수 대비 누적정답자수로써 정답률을 계산하여 정답률의 신뢰성을 높인다. 표 3의 결과에서 10개의 그룹이 모두 시험이 끝난 다음 누적된 결과로써 계산한 정답률은 0.29로써 난이도'상중'이다. 비교적 어려운 문제로 판단된다. 그러나 10개의 그룹이 시험에 응시할 때마다 재조정된 정답률에 따라 난이도가 많이 변화함을 알 수 있다. 그림 3에서 알 수 있듯이 평가하는 학습자들의 학습 능력이 고려되지 않고 단지 정답자수만으로 난이도를 조정함으로 인해서 각 그룹의 평가 결과마다 특정 문제의 난이도 변화 폭이 아주 크다는 것을 알 수 있다.

다음으로 본 논문에서 제시하는 총응시자수 대비 정답자수 또는 오답자수와 응시자의 학습 능력을 같이 고려하여 각 문제의 난이도를 재조정한 결과는 표 4와 같다. 해당 문제의 초기 난이도 비율을 0.5로 부여하고, 10번의 그룹 평가때마다 문제의 난이도가 변화되어 가는 과정을 조사하였다. 평가 결과 정답자수가 많으면 정답률을 계산하여 난이도 비율을 조정하였고, 오답자수가 많으면 오답률을 계산하여 난이도비율을 조정하였다. 변화된 난이도비율에 따라 해당 문제의 난이도를 재조정하였다. 변화되는 모습은 그림 4와 같다. 그림 4에서 알 수 있듯이, 기존 알고리즘의 결과와 같이 대부분 난이도 '상'에 해당하는 어려운 문제로 판단된다. 그러나 난이도가 재조정되는 과정을 살펴보면 난이도의 변화 폭이 그다지 크지 않다는 것을 알 수 있다. 특히 그룹7의 평가 결과에서 보면, 그룹7은 전체 평균 점수가 93.5점으로 아주 높은 학습 능력을 가진 집단으로 볼 수있다. 따라서 이 집단에서 8명의 정답자만으로 난이도를 계산한다면 표 3에서 보이듯이 원래 '상중'의 난이도였던 문제가 갑자기 '중하'의 난이도로 바뀜을 알 수 있다. 그러나 학습 능력이 높은 집단에서 정답자수가 많다고 해서 반드시 쉬운 문제로 볼 수는 없다. 따라서 본 알고리즘에서 집단의 학습 능력을 고려하여 난이도를 조정해 보면 표 4의 결과에서 보이듯이 원래의 난이도 '상'에 대한 변화의 폭이 크지 않음을 알 수 있다.

[표 4] 학습 능력을 고려한 난이도 변화

그룹	평점	총인원수	정답자수	오답자수	***난이도 비율***	*난이도*
1	82.5	10	4	6	***0.43***	*중*
2	52.5	10	2	8	***0.28***	*상중*
3	87.5	10	3	7	***0.2***	*상*
4	57.5	10	1	9	***0.04***	*상*
5	34	10	0	10	***0.0***	*상*
6	63.5	10	3	7	***0.0***	*상*
7	93.5	10	8	2	***0.09***	*상*
8	55	10	7	3	***0.22***	*상중*
9	61	10	1	9	***0.07***	*상*
10	29	10	0	10	***0.0***	*상*



[그림 4] 학습 능력이 고려된 난이도 변화 그래프

5. 결론 및 향후 과제

웹 상에서 이루어지는 온라인 학습에 있어서 자신의 학습진도 및 방향과 학업 성취도를 스스로 진단하고 판단하는 중요한 수단으로서 올바른 평가 방법 및 평가 문제는 아주 중요한 문제로 많은 연구가 이루어지고 있다. 이에 본 논문에서는 웹 기반의 학습 시스템에서 효율적인 평가 문제의 관리를 위하여 난이도 재조정을 함에 있어서 전체 시험 응시자수 대비 정답자수뿐만 아니라 시험 응시자의 학습 능력을 함께 고려하여 문제의 난이도를 재조정하였다. 전체적으로 평점이 높은 집단에 비해 전체적으로 평점이 낮은 집단의 응시자들이 맞춘 문제는 상대적으로 난이도가 더 낮게 측정되어지고, 전체적으로 평점이 낮은 집단에 비해 평점이 높은 집단에서 틀린 문제는 상대적으로 난이도가 더 높게 측정되어진다. 따라서 이 방법은 정답률만으로 난이도가 재조정되는 기존 알고리즘에 비해 출제 문제의 신뢰성을 높이는데 보다 효율적이다. 제시한 난이도 재조정 알고리즘을 기사 시험을 위한 웹 기반 학습 시스템에서 비교 분석해 본 결과, 기존 알고리즘에 비해 보다 효율적임을 확인할 수 있었다.

향후 연구 과제로는 구현된 시스템의 학습을 위한 컨텐츠 개발의 보완과 함께 보다 많은 학습자들을 대상으로 한 실험이 이루어져야겠다. 또한 출제자가 자신의 의도를 배제하고 초기 문제를 등록하기 때문에 지속적으로 문제 은행에 있는 각 단원별 문제들의 난이도 분포를 유지 보수할 수 있는 알고리즘이 추가되어야겠다.

참 고 문 헌

[1] 정용기, 최은만, "웹 기반 학습평가 자동화 시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, pp.289-296, 2002년 4월.

[2] 하일규, 강병욱, "문항출제와 문항분석이 가능한 웹 기반 교육평가 시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, pp.511-522, 2002년 6월.

[3] 고일석외 3, "웹 기반 가상학습 시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, pp.631-638, 2002년 12월.

[4] 박기석, 이재영, 김동한, "자바를 이용한 웹 기반의 문제 출제 시스템", 정보과학회 가을학술발표논문집, 제26권 제2호, pp.673-675, 1999.

[5] 임희숙, "웹기반 지능형 문제은행 시스템의 설계 및 구현", 전남대학교 대학원 석사학위논문, 1999.

[6] 김경아, 최은만, "웹기반 교육에서의 자동 문제 출제 시스템", 한국정보처리학회 논문지, pp.301-310, 2002년 9월.

[7] 류희열, 김은정, "기사 시험을 위한 웹기반 학습 시스템의 설계", 한국정보과학회 봄학술발표논문집, 2004년 4월.

[8] 장훈, 김은정, 배종민, "원격 시험 관리 시스템의 설계와 구현", 한국정보과학회 가을학술발표논문집, 1998.

[9] 장훈, "웹 기반 교육에서의 대화형 시험 관리 시스템", 경상대학교 대학원 석사학위논문, 1999.

[10] 배상현, "Web 기반 원격교육을 위한 실시간 평가시스템의 설계 및 구현", 경상대학교 대학원 석사학위논문, 1998.

[11] 이범용, "시험문제 자동 편집기 오뚜기의 설계와 구현에 관한 연구", 고려대학교 교육대학원 석사학위논문, 1992.

[12] 박태영, "시험문제 제작 시스템의 설계 및 구현", 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문, 1998.

김 은 정 (Eun-Jung Kim)

1996년 경상대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학 석사)
2001년 경상대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학 박사)

1989년~1993년 (주)LG전자 중앙연구소 멀티미디어연구소 연구원
2000년~2003년 8월 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부 강의전담 전임강사
2003년 9월~현재 부산외국어대학교 교양연계학부 초빙교수
(관심분야 : 웹 프로그래밍, 원격교육, 웹기반 가상학습, 객체지향프로그래밍)

류 희 열(Hee-Yeol Ryu)

1990년 경상대학교 전산통계학과 졸업(이학사)
1992년 경상대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)

1999년 경상대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)
1995년~2004년 동의공업대학 컴퓨터정보계열 전임강사, 조교수, 부교수
2005년~현재 동의과학대학 국제관광계열 부교수
(관심분야 : 원격교육, 웹기반 가상교육, 소프트웨어공학, 관광정보시스템(CRS))