

가상학습 시스템의 평가 문제에 대한 효율적인 관리 방법에 대한 연구

류희열, 김은정
동의과학대학
e-mail : hyryu@dit.ac.kr

A Study On Efficient Method of Management for Examination Questions in Virtual Education System

Hee-Yeoul Ryu, Eun-Jung Kim
Donguei Institute of Technology

요 약

가상학습 시스템에서의 효율적인 평가를 위해 문제 출제 방법 및 문제의 난이도 재조정에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 온라인상에서의 학습은 학습자 스스로 자신의 학업 성취도에 대한 올바른 진단을 함으로써 다음의 학습 진도 및 방향을 스스로 판단해야 하기 때문에 평가 방법 및 평가 문제가 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 따라서 문제 은행에 문제를 등록하는 시점에서 출제자의 주관적인 판단에 의해 부여되는 문제 난이도의 객관성 입증과 학습자의 학업 성취도를 출제 문제에 반영하는 방법으로 평가 결과에 따른 문제의 난이도 재조정으로 인한 출제 문제의 신뢰성이 아주 중요한 문제라고 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 초기 문제 난이도에 대한 객관성을 최대한 높임과 동시에 보다 실질적인 평가를 위한 문제 출제 방법과 보다 신뢰할 수 있는 학업 성취도를 출제 문제에 반영하는 난이도 재조정 방법을 적용함으로써 보다 효율적이고 객관적으로 문제은행의 문제를 관리할 수 있는 방법을 제시한다.

1. 서론

일반적으로 가상학습 시스템은 웹상에서 학습자가 스스로 학습을 하고 스스로 평가를 한 후, 평가 결과를 확인하고 재학습을 하는 시스템으로 구성된다. 이러한 시스템에서 보다 효과적인 평가를 위해서 문제 출제 방식 및 문제 관리에 대한 연구가 많이 있어 왔다[1-4]. 이에 이전의 연구[1]에서 기사시험을 위한 가상학습 시스템을 설계하면서 문제 출제를 함에 있어 학습 영역과 난이도를 모두 고려한 출제 알고리즘을 제시하였다. 그리고 평가 문제에 대한 난이도 조정에 있어 학습자의 학습 능력을 고려하여 난이도를 재조정하는 알고리즘을 제시하였다. 또한 초기 문제 등록 시, 출제 문제의 난이도에 대해 출제자의 의도를 반영하지 않고 평가 결과에 따라 난이도가 조정되게 하였다. 이는 등록된 모든 문제가 처음부터 학습자의 평가 결과에 따라 난이도

조정이 이루어지기 때문에 문제 은행의 난이도 분포에 출제자의 의견을 반영할 수 없다. 따라서 평가가 반복적으로 진행될수록 각 단원별 난이도 분포가 고르지 않을 수 있다는 단점을 안고 있다. 이는 학습범위와 난이도를 모두 고려한 평가 문제 출제 방식에 장애요인이 될 수 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 최대한 해결하고 보다 효율적으로 문제 은행의 문제를 관리할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 먼저 학습자의 평가 부분을 학습 시 단원평가와 개별 모의 평가 그리고 단체 모의 평가로 세 부분으로 나누어서 각 단계별 출제되는 문제들을 효율적으로 관리함으로써 난이도 분포를 조정한다. 다음으로 교수자는 문제 출제와 함께 문제 관리 알고리즘을 항상 체크함으로써 난이도 분포가 고르지 못한 단원을 집중 관리하여 최대한 난이도 분포를 조정한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 웹 기

반 학습 시스템에서 평가를 위한 문제 출제 방법에 대한 기존의 연구를 기술하였고 제 3장에서는 본 논문에서 제시하는 평가 문제에 대한 효율적으로 관리 방법에 대하여 설명한다. 마지막으로 제 4장에서는 결론으로 매듭을 짓는다.

2. 웹기반 교육에서 문제 출제에 관한 관련 연구

웹 기반 교육에서 문제 은행 방식을 이용한 무작위 문제 출제에 관한 관련연구를 살펴보면, [3]에서는 학습자의 학습 진행 상태 및 학업 성취도에 따라 수준별로 제시된 문제를 풀게 한다. 이는 문제의 수준에 대한 평가가 출제자의 임의의 판단 기준에 의한 것이므로 객관적인 근거가 없고 각 단계별 수준에 대한 신뢰성이 떨어진다. [4]에서는 난이도에 따른 자동 문제 출제 시스템을 구현하였다. 난이도를 5단계로 세분화하여서 난이도의 초기치를 출제자가 임의로 부여한다. 그리고 이 문제가 출제된 후 학습자의 정답률에 기초하여 난이도 재조정을 한다. 이 역시 초기 문제의 난이도에 대한 객관적인 근거가 부족하고, 난이도만을 고려하여 해당 비율의 문제들이 출제되기 때문에 난이도의 객관성이 입증되었다 하더라도 문제가 특정 영역에 편중되어 출제될 수 있기 때문에 학습 영역의 전반적인 평균 출제는 이루어지지 않는다.

3. 문제 출제 및 평가 단계에 따른 효율적인 문제 관리 방법

3.1 데이터베이스 구조

시스템에서 사용하는 데이터베이스는 전체 9개의 테이블로 구성되어 있다. 여기서는 문제와 관련이 있는 [예비문제관리테이블], [과목별문제관리테이블], [난이도분포관리테이블]의 구조만을 다루고자 한다. 각 테이블의 구조는 <표 1>, <표 2>, <표 3>과 같다. [예비문제관리테이블]은 출제자가 최초로 문제를 등록하는 테이블로 1차로 학습자들에게 문제의 난이도를 검증받기 위해 임시로 문제를 등록하여 관리한다. [과목별문제관리테이블]은 모의시험을 위한 각 과목별 출제 문제를 관리한다. [난이도분포관리테이블]은 [과목별문제관리테이블]에 있는 각 단원의 난이도별 문제의 개수 및 분포를 관리한다.

3.2 사용자와 데이터베이스와의 관계

시스템의 사용자는 학습자, 교수자, 관리자로 분류

<표 1> '예비문제관리' 테이블의 구조

필드명	데이터형식	
단원	char	문제가 속한 단원을 명시
문제	string	
보기1 ~ 보기4		
정답	char	4가지의 보기에서 정답 표기
난이도비율	int	초기치는 50(백분율로 표기)
출제빈도	int	출제된 빈도 수
등록여부	char	[과목별문제관리테이블]에 등록 여부

<표 2> '과목별문제관리' 테이블의 구조

필드명	데이터형식	
단원	char	문제가 속한 단원을 명시
문제	string	
보기1	char	
보기2	char	
보기3	char	
보기4	char	
정답	char	4가지의 보기에서 정답 표기
난이도	char	초기치 '중'
난이도비율	int	초기치는 50(백분율로 표기)
문제등록일	date	최초 문제 등록일
난이도조정일	date	가장 최근의 난이도 조정일

<표 3> '난이도분포관리' 테이블의 구조

필드명	데이터형식	
과목명	char	과목명 명시
단원	char	단원을 명시
난이도	char	난이도 명시
문제갯수	int	해당 난이도의 문제 개수 명시
백분율	int	전체 문제에서 차지하는 비율

되며, 각 사용자는 해당 모드에서 시스템을 사용할 수 있다. 이전의 연구[1]에서 개별/단체 모의 평가를 위한 문제 출제 및 난이도 재조정에 대한 연구를 하였다. 특히 평가를 위한 문제를 출제함에 있어서 적정 난이도의 문제를 전체 학습 범위에서 골고루 출제하는 알고리즘을 제시하였다. 또한 초기 교수자가 문제를 문제 은행에 등록할 때에 해당 문제에 대한 난이도를 교수자가 직접 입력하지 않고 모두 '중'으로 입력하여 학습자들의 평가 결과에 따라 해당 문제의 난이도가 정해지도록 하였다. 이 결과 학습과 평가가 반복해서 이루어짐으로 인해서 어느 순간 특정 단원의 난이도 분포가 고르지 못한 경우가 발생하였다. 따라서 문제 출제시 학습 범위와 난이도를 모두 고려한 문제 출제가 어렵게 되는 현상을 가져왔다. 이 경우 교수자가 해당 단원의 문제를 계속 등록한다 해도, 새로 등록된 문제가 학습자들의 반복된 평가를 계속 받지를 못하면 빠른 난이도 평가가 이루어지지 않아 난이도 분포의 문제점을 쉽게 풀수가 없었다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 모의 평가를 위한 문제 데이터베이스와 별도로 미리 학습자에게 난이도 평가를 받을 수 있는 예비문제 데이터베이스를 따로 설계 운영하였다. 학습

자와 교수자 그리고 데이터베이스와의 관계는 그림 1과 같다.

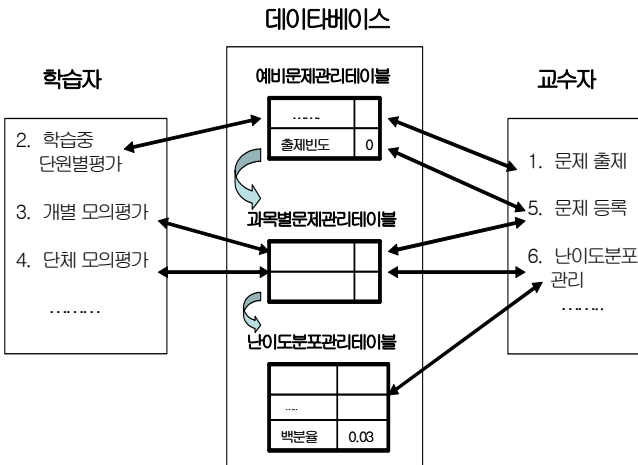


그림 1 사용자와 데이터베이스의 관계

3.3 문제 출제 및 단계별 평가에 따른 문제 관리

3.3.1 문제 출제

교수자가 처음 문제를 출제할 때에는 각 과목별 [예비문제관리테이블]에 저장한다. 이때 문제의 난이도는 교수자의 의도를 반영하지 않는다. 이 테이블에 있는 문제들은 학습자의 학습중간에 단원별 평가에서 1차로 난이도 검증을 받게 된다. 1차로 난이도 검증을 받은 문제들은 모의 평가를 위한 [과목별문제관리테이블]에 등록된다.

3.3.2 학습중 단원별 평가

학습자가 특정 과목을 첫째 단원부터 학습할 때에는 매 단원마다 단원별 평가를 거치게 된다. 평가를 위해 출제되는 문제들은 해당 과목의 [예비문제관리테이블]에서 임의대로 출제된다. 이때 문제들 중에서 '출제빈도'가 낮은 문제(빈도수가 10 이하)에서 임의대로 반을 출제하고, 나머지(빈도수가 10 이상)에서 임의대로 반을 출제한다. 출제된 문제들은 '출제빈도'수를 1 증가시킨다. 이는 가능한 새로 등록된 문제들이 학습자들에게 보다 많은 평가 기회를 갖도록 하기 위함이다. 이 단계에서는 문제의 난이도는 배제한 출제방식이다. 즉 학습자가 각 단원에서 원하는대로 문제를 풀어보고 다음 단원으로 넘어갈 수 있게 한다. 개인의 학업 성취도는 모의 평가 결과로서 관리한다. 출제 알고리즘은 그림 2와 같다. 단원별 평가에서 1차로 문제의 난이도를 평가한다. 구현된 시스템에서 [과목별문제관리테이블]의 난이도비율은 <표 4>와 같다. 이 테이블에 문제를 등록하기 전 1차적으로 난이도를 평가받는 현 시점에서는 학습자의 전체 평균 점수가 나오지 않기 때문에 학습자의 학습 능력을 판단하기 어렵다. 따라서 개인의

```
function 단원별_문제출제(출제단원)
총출제문제수 = 0
do while(총출제문제수 < 10)
레코드셋 = select from 과목별문제관리테이블
where 단원==출제단원 and 출제빈도<10
record_cnt = total_count
do while( record_cnt-- > 0)
난수(레코드번호) = int((total_count-1 + 1)*rnd()+1)
해당레코드문제출제; 출제빈도 1증가; 총출제문제수 1증가
if 총출제문제수 == 5 then exit()
loop
레코드셋 = select from 과목별문제관리테이블
where 단원==출제단원 and 출제빈도>=10
do while()
난수(레코드번호) = int((total_count-1 + 1)*rnd()+1)
해당레코드문제출제; 출제빈도 1증가; 총출제문제수 1증가
loop
loop
end function
```

그림 2 단원별 평가를 위한 출제 알고리즘

학습 능력을 배제하고 전체 응시자수 대비 정답자수로서 난이도 비율을 다음과 같이 백분율로 계산하여 저장한다.

난이도비율(%) = [정답자 수] / [전체 응시자수]
저장된 난이도비율 값으로 [과목별문제관리테이블]에 문제를 등록할 때 해당 난이도를 결정하여 등록한다.

<표 4> 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

3.3.3 개별/단체 모의평가

여기서는 기사 시험을 대비한 실전 모의평가 시험이다. 개별 평가는 개인별로 기사 시험을 대비하여 실전과 같이 전 과목에 대한 모의시험을 보는 평가이다. 단체 평가는 특정 그룹에 대해 같은 시간에 같은 시험 문제를 가지고 전 과목 모의시험을 보는 평가이다. 이전의 연구[2]에서 개별/단체 모의 평가를 위한 학습 범위와 난이도를 고려한 문제 출제 알고리즘을 제시한 바 있다. 여기서는 [과목별문제관리테이블]에서 문제를 출제한다. 문제를 출제할 때, <표 5>과 <표 6>에서 보듯이 각 난이도에 해당하는 문제 수를 전체 단원에서 골고루 출제한다. 출제 알고리즘은 생략한다.

이전의 연구[1]에서 개별/단체 모의 평가가 끝난 다음 학습자의 학습 능력을 고려한 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제시하였다. 제시된 알고리즘에서는 개별 평가에서 특정 문제에 대해 학습 능력이 높은 학생이 맞춘 경우와 학습 능력이 낮은 학생이 맞춘 경우의 해당 문제의 난이도는 다르게 평가된다. 틀린 경우도

<표 5> 전체 단원수별 문제수비율

문제수 전체 단원	시험문제 20문제					
	1장	2장	3장	4장	5장	6장
4장	5	5	5	5		
5장	4	4	4	4	4	
6장	3(+1)	3(+1)	3(+1)	3(+1)	3(+1)	3(+1)

<표 6> 난이도별 문제수비율

난이도	시험문제 20문제 (예상평균점수 50점)				
	상	상중	중	중하	하
출제비율(문제수)	7%(1)	24%(5)	38%(8)	24%(5)	7%(1)

마찬가지다. 그룹별 평가에서는 특정 문제에 대해 학습 능력이 높은 그룹에서 맞춘 경우와 학습 능력이 낮은 그룹에서 맞춘 경우에 해당 문제의 난이도 역시 다르게 평가된다. 해당 문제의 난이도 재조정은 <표 4>의 난이도 비율에 기초하여 그림 3과 그림 4의 식에 의해 새롭게 평가 부여한다.

$$\begin{aligned} \text{난이도비율}(\%) &= c_different_rate + correct_rate \\ \text{correct_rate}(\%) &= \frac{1}{\frac{p - average}{100} * 10} \\ \text{난이도비율}(\%) &= c_different_rate - error_rate \\ \text{error_rate}(\%) &= (c_different_rate * \frac{p - average}{100}) \end{aligned}$$

c_different_rate : 현재의 난이도비율, correct_rate : 정답률, error_rate : 오답률, p-average : 개인 평균점수

그림 3 개인별 난이도비율 재조정 계산식

$$\begin{aligned} \text{난이도비율}(\%) &= c_different_rate + correct_rate \\ \text{correct_rate} &= \frac{correct_cnt}{total_cnt} * \frac{10}{group_average} \\ \text{난이도비율}(\%) &= c_different_rate - error_rate \\ \text{error_rate} &= \frac{error_cnt}{total_cnt} * \frac{10}{group_average} \end{aligned}$$

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

그림 4 그룹별 난이도비율 재조정 계산식

3.3.4 문제등록 및 난이도분포 관리

개별/단체 모의 평가가 반복 진행됨에 따라 [과목별 문제관리테이블]의 각 단원별 문제의 난이도에 변화가 있게 된다. 이에 교수자는 '난이도분포 관리' 항목에서 [과목별문제관리테이블]의 각 단원별 난이도 분포에 대한 분석을 하여 [난이도분포관리테이블]에서 관리한다. 그리고 [난이도분포관리테이블]의 특정 단원의 문제중에서 일정수준이상의 출제 빈도에 해당하는 문제 중에서(여기서는 출제빈도가 10 이 넘는 경우) 아직 [과목별문제관리테이블]에 등록이 되지 않은 문제를 대상으

```
function 난이도분포관리(과목,단원)
    해당 과목의 문제관리테이블에서 해당 단원의 난이도 분포
    를 계산하여 [난이도분포관리테이블]에 저장함
end function

function 문제등록(등록단원,등록난이도)
    레코드셋 = select from 예비문제관리테이블
                where 단원==등록단원 and 난이도==등록난이도
                and 출제빈도>=10 and 등록여부='no'
    record_cnt = total_count
    do while( record_cnt-- > 0)
        해당 레코드를 [과목별문제관리테이블]에 등록
        등록여부='yes'
    loop
end function
```

그림 5 난이도분포관리 및 문제등록 알고리즘

로 부족한 난이도를 파악하여 [예비문제관리테이블]에서 해당 단원의 난이도 문제를 [과목별문제관리테이블]에 등록한다(그림 5).

4. 결론 및 향후과제

온라인상에서의 가상학습은 학습자 스스로 올바른 진단을 함으로써 다음의 학습 진도 및 방향 그리고 학업 성취도를 스스로 판단해야 하기 때문에 평가 문제 및 방법이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 기존 연구에서는 초기 문제의 수준에 대한 평가가 출제자의 임의의 판단 기준에 의한 것이므로 객관적인 근거가 없고 각 단계별 수준에 대한 신뢰성이 떨어진다. 본 논문에서는 평가 문제에 대한 출제자의 의도를 반영하지 않고 처음부터 학습자로부터 단계적 검증을 받아 문제 은행의 문제들을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 제시하였다. 이는 출제 문제의 객관적인 신뢰성을 높일뿐만 아니라 이전 연구[1,2]에서의 문제점도 효율적으로 해결할 수 있다.

참고문헌

- [1] 류희열, 김은정, "기사 시험을 위한 웹기반 학습 시스템의 설계", 한국정보과학회 봄학술발표논문집, 2004년 4월.
- [2] 김은정, "웹기반 기사시험 학습시스템에서의 문제 출제 알고리즘", 한국산업정보학회 논문지, pp.11-18, 2004년 9월
- [3] 임희숙, "웹기반 지능형 문제은행 시스템의 설계 및 구현", 전남대학교 대학원 석사학위논문, 1999
- [4] 김경아, 최은만, "웹기반 교육에서의 자동 문제 출제 시스템", 한국정보처리학회 논문지, pp.301-310, 2002년 9월.