

학습자의 수준평가를 이용한 웹 기반 자동 문제 출제 시스템

이 현 주[†] · 이 미 숙[†] · 홍 승 미[†] · 이 찬 희^{**} · 정 순 호^{***}

요 약

본 논문은 인터넷상의 웹을 이용한 교과 학습에서 학습자의 수준을 제시된 문제들을 통하여 구체적으로 평가하고 분석한 뒤 이 분석 내용을 이용하여 학습자에게 수준별 문제를 자동적으로 출제하는 새로운 시스템을 제안한다. 현재까지의 원격 교육에 관한 모든 연구에서는 학습 또는 평가과정에서 사용되는 문제는 무작위로 출제하거나 또는 학습자가 단순히 문제를 선택하는 방법을 사용함으로써 학습자의 수준과 부족한 학습 부분을 문제 출제에 반영하지 못하고 있다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점의 해결 방안으로 학습자가 해당 교과에 대한 초기 문제 풀이 과정에서 난이도 별 출제 비율과 문제 수를 직접 선택하도록 하고, 이후부터는 이전의 자료를 분석하여 각 영역별로 난이도를 고려하여 이를 반영한 문제를 자동으로 출제하는 방법을 채택하고 있다. 이 시스템은 영역별, 난이도별로 분석, 평가하므로, 누적된 분석평가와 현재의 분석평가를 통해 학습자에게 부족한 부분에 대하여 집중적 학습을 가능하게 한다.

Web-based Automatic Question-Issuing System Using Level Estimation for Learners

Hyeon-Joo Lee[†] · Mi-Sook Lee[†] · Seung-Mi Hong[†]
Chan-Hee Lee^{**} · Soon-Ho Jung^{***}

ABSTRACT

We propose a new web-based automatic question-issuing system, which automatically issues some problems suited to a learner's level according to estimation and analysis of his answers examined previously and communicates interactively with him by using web. Till now, in many researches system issues problems by a learner's direct choice or randomly. So they lack compensation for learner's misunderstanding and wrong answers. This system allows a learner to determine the ratio of ease and difficulty and the number of problems at initial problem-solving time and then issues problems, which reflect his level, from problem pool. Also its accumulative estimate-analysis and current estimate-analysis make it possible for a learner to study intensively about his faulty area.

키워드 : 자동 문제 출제(Examination Question Selection), 웹 기반 교육(Web-Based Instruction ; WBI), 평가(Estimation)

1. 서 론

최근 급속한 정보통신의 발달은 사회 전체의 빠른 변화를 주도하고 있으며 교육 분야에 있어서도 원격교육이라는 새로운 교육 형태를 가져왔다[1]. 원격교육은 통신 수단을 매개로 하여 학습자와 교수가 직접 만나지 않고도 교육을 실시할 수 있는 방식으로 1980년대 이전에는 통신교육, 재택교육, 원격교수, 원격학습, 독립학습 등의 용어들이 사용되었으나, 그 후 원격교육이라는 용어가 주로 사용되고 있다. 이러한 원격교육은 일반적으로 “분리되어 있는 교수자와 학습자간에 이루어지는 교육”으로 정의된다[2-4]. 원격교육은 시간과 공간의 제약을 벗어나 각종 멀티미디어 자원을 이용하여 학교 교육을 보조 또는 대체 하며 그 영역을 확대

해 가고 있다[4,5].

교육에 있어서 좋은 목표와 내용, 교육 방법 등의 교육의 요소들이 많이 있으며, 이러한 부분 중에 중요한 요소로 사용되는 것 중의 하나가 평가 영역이다. 교육평가란 단순히 학습자들을 서열별로 등급화 하는 과정이 아니라 적절한 평가를 통해 학습자의 문제를 해결하고 교육 과정을 개선하여 교육적 효과를 높이는 과정이라 할 수 있다[1,6].

현재의 원격교육 시스템에서의 문제출제 방식은, 미리 주어진 문제만을 풀도록 운영되고 있어[1, 7,8] 학습자들이 다양한 문제를 풀 수 있는 기회가 없다. 이보다 개선된 방법으로 웹을 통한 문제은행 방식[9, 10]이 있으나 대부분이 문제의 난이도를 고려하지 않고, 무작위 문제를 출제함으로써 학습자들의 학습성취도가 출제 문제에 제대로 반영되지 않고 있다. 이러한 문제점으로 인해 학습자가 웹 상에서 난이도와 문제 수를 선택하면 시스템에서 자동으로 문제를 출제하여 학습자가 훨씬 더 효과적인 평가를 받을 수 있도록

† 준 회 원 : 부경대학교 대학원 전산교육전공

** 준 회 원 : 부경대학교 대학원 전자계산학과

*** 정 회 원 : 부경대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 교수

논문접수 : 2003년 7월 2일, 심사완료 : 2003년 10월 8일

하고 무작위 출제를 할 때에도 문제의 난이도를 고려하여 학습자의 수준에 맞추어 출제하여 훨씬 더 효율적인 문제은행 시스템이 될 수 있도록 한 연구[11]도 있었으나 이 역시 학습자의 정확한 수준 평가가 이루어지지 못하고 학습자에게 자신의 수준과 부족한 부분을 정확히 알려주지 못하는 한계를 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 학습자의 수준평가에 근거한 자동 문제 출제 시스템을 제안하고자 한다. 학습자가 문제를 풀고자하는 단원과 자신에게 적절한 난이도와 문제 수를 입력하면 난이도와 문제 수를 고려하여 영역별로 문제를 자동으로 출제해 주고, 각 문항의 난이도별 문제 수에 따라 총 평가 시간이 주어져 더욱 확실한 평가를 할 수 있도록 한다. 그리고 평가 종료 후에는 자동 채점으로 평가 결과를 실시간으로 알 수 있으며 난이도, 문제유형별 분석 그래프와 평가 분석을 통해 부족한 영역을 한눈에 볼 수 있도록 한다. 또한 시스템이 학습자의 평가정보를 가지고 있어서 같은 단원에 대해서 재 응시했을 경우, 이전 평가를 바탕으로 부족한 영역의 문제를 중점적으로 자동 출제 해줌으로써 그 영역에 대해 확실한 이해가 가능하게 한다. 본 논문에서는 학습자의 평가에 대한 분석을 통하여 학습자의 영역별 학업능력을 향상시킬 수 있는 문제를 자동으로 출제하는 것에 주안점을 두었다.

본 논문은 모두 6장으로 구성되어 있으며 그 내용은 다음과 같다. 2장에서는 웹 기반 교육에서의 문제 출제 시스템에 대한 관련연구를 기술하고 3장에서는 이론적 배경을 소개하고 4장에서는 본 시스템의 전체적인 구성, 시스템의 구조와 설계과정을 소개한다. 5장에서는 실험 및 실험결과를 분석하고 마지막 6장에서는 결론을 언급한다.

2. 관련 연구

문제 출제 평가 시스템은 문제 출제 방식과 문제 종류의 다양성, 그리고 시험 결과에 대한 평가 방식의 구성에 따라 분류할 수 있다[12]. 문제 출제 방식은 온라인 출제와 오프라인 출제방식으로 구분할 수 있고, 온라인 출제 방식은 웹상에서 교수자가 직접 문제를 출제하는 방식이며, 오프라인 출제방식은 워드프로세서로 문제를 출제하여 오프라인에서 평가가 이루어진다. 문제의 종류는 선택형 문항과 서답형 문항으로 분류할 수 있다. 선택형 문항의 종류에는 진위형, 배합형, 선다형이 있고, 서답형 문항에는 단답형, 완성형, 논문형이 있다[13]. 문제 평가는 단순하게 학습자의 응시 결과를 보여 주는 것에서부터 문제 평가 결과를 시험종료 후에 시스템에 전송하여 저장한 후 성적 통계자료를 학습자들의 추후 학습 방향을 설정하는데 도움을 주고, 교수자에게는 학습 지도의 방향을 설정하는데 도움을 줄 수 있도록 하는 방식이다[13].

원격교육 시스템에 관련된 현재까지 연구된 내용은 <표 1>과 같이 정리되며 이 연구들의 내용을 살펴보면 다음과

같다.

<표 1> 웹 기반 문제출제 시스템

연구	연구자	제 목	연도	참고문헌 번호
1	이석호외 2인	인터넷 환경에서 가상 학습평가 시스템 설계 및 구현	1998	[10]
2	임희숙 외 2인	CGI를 이용한 웹기반 문제은행 시스템 설계 및 구현	1999	[8]
3	이영현외 2인	원격교육 평가를 위한 문제 은행 시스템의 설계 및 구현	2000	[1]
4	이상근 외 4인	웹 기반 학습을 위한 객관식 평가문항 출제 도구 개발	2001	[15]
5	정용기 외 1인	웹 기반 학습평가 자동화 시스템의 설계 및 구현	2002	[14]
6	김경아외 1인	웹기반 교육에서의 자동 문제 출제 시스템	2002	[11]
7	하일규 외 1인	문항출제와 문항분석이 가능한 웹 기반 교육평가 시스템의 설계 및 구현	2002	[13]

연구 1은 인터넷 환경에서 가상 학습평가 시스템으로, 교사모듈과 학생모듈로 구성되어 있다. 교사모듈에서는 문제를 단원, 과목별로 등록하고 학생의 채점 결과를 볼 수 있고, 학생모듈에서는 강좌와 고사를 선택해서 문제를 풀 수 있다. 그러나 학습자에게 단순히 강좌와 고사만을 선택하게 하고, 시스템은 고정된 문제를 출제하기 때문에 출제된 문제의 난이도가 없고 학습성취도의 향상을 기대할 수 없다.

연구 2는 문제 풀이화면에서 시스템은 학습자의 답을 정답과 비교하여 즉각적으로 정답메시지와 점수를 보여주지만, 지난 점수를 시스템에 저장하지 못하는 단점이 있다.

연구 3은 일회적이고 중복적인 문항 작성의 비효율성을 해결하고 학습자의 학업 성취도를 보다 효율적으로 평가하고 관리할 수 있도록 웹 기반 문제 은행 시스템을 구현하였다. 그러나 이 시스템은 다수 선택문항의 경우 교수자가 출제에 참가하고, 시험지에서 문제를 선택할 때에도 학습자가 문항을 선택하거나 만드는 방식이 아니라 교수자가 문항을 선택해주는 단점이 있다.

연구 4는 객관식 문제를 출제하고, 학습자가 문제를 풀 때도 유형을 선택할 수 있으며 랜덤하게 다양한 유형의 문제가 출제 될 수 있도록 설계하였다. 그리고 학습자는 문제 수, 과목 등을 선택할 수 있고, 평가 결과가 데이터베이스에 저장된다. 이 연구에서는 교사가 유형별로 문제를 검색하여 출제하는 수준에서 구현되었고 학습자의 평가 결과는 유형별 문제에 대한 정·오답 판정만 가릴 뿐, 문제에 대한 해설과 학습자의 현 상태에 대한 분석이 없다.

연구 5는 자동화 평가 시스템을 제작하여 교수자와 웹 운영 관리자가 교육의 주관자 입장에서 교육을 진행하고, 학습자는 사용자 중심의 비교 학습 및 패턴 설계의 장점을 극대화 시켜 인터넷과 인트라넷상에서 실행되는 프로젝트 교육의 평가 방법과 이에 따르는 설계와 구현 방법에 대해

제안했다. 그러나 평가 방법에 있어 학습자의 현 상태만 보여주고, 이를 분석하여 문제를 피드백 하는 부분이 결여되어 있어 학습자가 부족한 영역을 보충하기 어렵다.

연구 6은 교수자가 웹 상에서 예상 평균 점수와 출제 문제 수를 입력하는 방법으로 문제를 선택한다. 시스템은 예상 평균 점수에 따라 난이도 비율을 계산하여 자동으로 문제를 출제하고 피드백 학습 후에 예상 점수를 변경하여 재 응시 할 수 있다. 그러나 이 시스템은 학습자의 수준에 대한 평가는 자세하게 다루고 있지 않으며 재 응시할 때의 명확한 기준도 학습자에게 제시해주지 않고 있다.

연구 7은 온라인과 오프라인 방식으로 문제를 출제하고, 문항을 분석하는 시스템 방식이다. 그러나 학습자가 문제 선택시 특정 영역과 특정 난이도만 선택해서 문제가 출제되기 때문에 여러 영역에서 학습자의 실력 향상을 기대할 수 없고, 평가 결과는 문항 분석을 위해 사용되어 학습자의 성적 관리는 어렵다.

3. 원격교육의 학습이론

3.1 원격교육의 학습

원격교육(remote education)은 가르침의 질을 높이는 것, 교육에의 접근을 용이하게 하는 것, 교육의 비용을 억제하는 것을 목표로 하고 있으며, 1998년 M. Moore는 “원격교육은 의사소통을 매개하기 위해 기술 공학 매체를 필요로 하는 독특한 대화 형식이며, 그 조직은 자율적인 체제이다. 이는 보다 작은 직접적인 대화, 그리고 보다 큰 공간적 전이성을 특징으로 하는 모든 교육 프로그램과 학습을 통칭하는 것”이라 하였다[10, 16, 17].

원격교육의 발전과정은 제 1세대는 우편에 의한 통신교육, 제 2세대는 방송매체를 통한 TV나 라디오 등의 원격교육, 제 3세대는 인터넷과 같은 새로운 정보 통신 기술을 이용한 원격학습으로 구분할 수 있다[10, 18, 19]. 따라서 최근의 원격 학습 환경은 초고속 통신망을 이용한 ‘초고속 통신망 교수학습 체제’가 필수적이다.

원격학습에 대한 효과는 크게 세 가지 영역으로 설명할 수 있다[10, 18, 20]. 첫째는 자율성 및 독립성 이론(theory of autonomy and independence)으로 학습자가 교육의 목표, 내용, 방법, 평가 등에 관하여 자발적으로 계획하고 결정하고 참여하는 것이 가능하다. 둘째는 상호작용 이론(theory of interaction)으로 교사와 학생, 동료 집단 간의 대화를 전자우편이나 전자게시판 같은 기능을 이용하여 상호 대화체 형식으로 접근이 가능하다. 셋째는 산업성 이론(theory of industrialization)으로 시간 및 공간과 경제성 등의 제약을 뛰어넘어 공동 참여, 대량 생산, 국제성 등을 통한 학습 기회의 다양화를 제공할 수 있다.

본 논문은 이러한 원격학습의 시간과 공간의 무제약의 이점에 더하여 상호 대화적인 작용을 통하여 학습자의 평가 결과를 자동으로 분석, 평가해 줌으로써 학습자가 자발

적으로 교육의 목표 및 내용 등을 계획하고 참여할 수 있도록 하는 교육 방법론적인 개념을 추가하고자 한다.

3.2 평가방법 이론

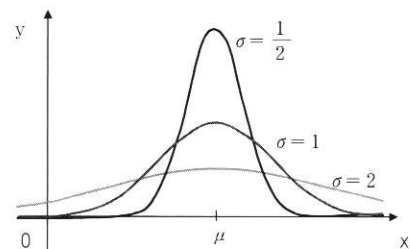
교육 평가는 교수 프로그램에 관한 의사 결정을 하기 위한 학생들의 행동 변화 및 학습 과정에 관한 정보를 수집하고 이용하여 교육적 의사 결정을 내리는데 도움을 주거나 혹은 의사 결정을 하는 과정을 말한다[13, 21].

이러한 교육 평가를 본 논문에서는 학습자의 수준을 평가하여 문제를 자동으로 재 출제하기 위해 정규분포이론을 적용한다. 학습자의 수준을 평가하여 그 수준에 맞는 난이도별 문제 출제 비율을 결정하기 위해서 학습자의 수준을 히스토그램의 최대 점에 맞추어 수준을 평가할 수 있다. 이와 같은 정규분포이론은 다음과 같다.

동종의 모집단으로부터 여러 가지 중요한 확률현상들이 정규분포로 모형이 만들어진다. 정규분포의 확률변수 X 에 관한 확률밀도함수는 식 (1)과 같이 주어진다.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}[(x-\mu)/\sigma]^2} \quad (1)$$

이 함수의 평균이 μ 임을 증명할 수 있고, 양의 상수 σ 를 표준편차라고 부르는데 X 값의 분포상태를 나타낸다. (그림 1)에 있는 종 모양의 정규분포 곡선 군으로부터, σ 의 값이 작으면 작을수록 X 의 값들이 평균값 근처에 몰려 있는 것에 반하여 σ 의 값이 크면 클수록 X 의 값들이 더 평평하게 퍼져 있다는 것을 알 수 있다.



(그림 1) 표준편차의 변화에 따른 정규분포의 변화

f 의 인수 $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ 은 f 를 확률밀도함수로 만드는데 필요하다. 실제로 증적분을 사용하면 식 (2)의 사실을 입증할 수 있다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{(2\sigma)^2}} dx = 1 \quad (2)$$

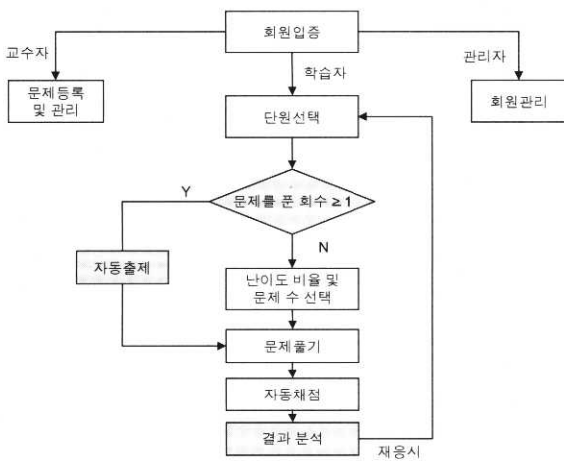
위 식 (2)를 적용하여 확률 근사 값을 구하면 다음 식 (3)과 같이 된다[22].

$$\begin{aligned} P(\mu - \sigma \leq X \leq \mu + \sigma) &\approx 0.683 \\ P(\mu - 2\sigma \leq X \leq \mu + 2\sigma) &\approx 0.954 \\ P(\mu - 3\sigma \leq X \leq \mu + 3\sigma) &\approx 0.997 \end{aligned} \quad (3)$$

위의 정규분포에 관련된 식들은 시스템이 학습자에게 문제를 재 출제할 때 식 (1)을 통해 학습자에게 부족한 부분의 문제를 출제할 문제의 비율을 결정하여 히스토그램을 작성하는데 사용된다. 학습자에게 부족한 비율은 식 (1)의 히스토그램에서 최대점이 되며, 이 히스토그램에서 식 (3)을 통해 영역별로 부족한 비율에 맞게 난이도별로 문제 출제 비율을 결정하게 된다.

4. 시스템 구성

학습자의 수준평가에 근거한 자동 문제 출제 시스템의 처리 구조는 (그림 2)와 같다. 로그인 화면에서 회원인증을 통해 교수자와 학습자는 각기 다른 메인 화면으로 시스템에 접근하는데, 교수자일 경우 문제를 등록하고, 관리할 수 있다. 학습자일 경우 단원, 난이도별 문제비율, 총 문제 수를 선택하면 시스템은 학습자의 요구 조건에 맞춰 문제를 출제하고, 자동으로 채점하여 평가 결과를 분석해서 보여주며 한번 이상 문제를 풀었던 단원에 다시 응시 할 경우에는 학습자의 지난 평가를 바탕으로 부족한 영역의 문제가 중점을 두어 문제를 자동으로 출제한다.



(그림 2) 학습자의 수준평가에 근거한 자동 문제 출제 시스템의 구조도

이 시스템에 대한 사용자 즉 회원은 교수자, 학습자, 관리자로 구성된다. 교수자는 문제 목록을 관람, 새로운 문제의 등록, 자신이 출제한 문제의 수정 및 삭제할 수 있다. 학습자는 단원, 난이도별 출제비율, 문제 수를 선택하여 시스템이 자동으로 출제하는 문제를 푼다. 관리자는 회원과 시스템을 관리한다. 또한 이 시스템의 동작의 기능별로 크게 구분하면 교수자 모듈, 학습자 모듈, 평가 모듈의 3개 모듈로 구성된다. 이 모듈들의 각 구성 및 동작내용은 다음과 같다.

4.1 교수자 모듈

이 시스템에 교수자로 로그인하면 문제 목록에서 등록된

문제를 볼 수 있고, 새로운 문제를 등록할 수 있다. 그리고 해당 문제에 대한 출제자인 경우에만 문제를 수정 및 삭제할 수 있다.

문제 출제는 교수자가 단원, 난이도, 영역을 분류하여 웹에서 등록한다. 문제 등록 일은 최초로 문제를 등록한 날짜가 자동으로 저장되며 문제를 수정하면 수정된 날짜로 갱신된다. 난이도 부여는 처음 문제를 등록할 때 난이도를 상, 중, 하의 단계 중 한 단계를 선택하여 등록한다.

$$\text{정답률(\%)} = \frac{\text{정답자수}}{\text{총시험응시자수}} \rightarrow \frac{\text{누적 정답자수}}{\text{누적 총시험응시자수}} \quad (4)$$

정답률의 초기 값은 0을 부여하고, 식 (4)와 같이 문제 출제 후 총 시험 응시자수 대비 정답자 수에 의해 계산되어 문제에 대한 접근 회수가 증가하면 누적된 총 시험 응시자수 대비 누적 정답자수에 따라 문제의 정답률이 갱신되므로 정답률의 신뢰성을 높일 수 있다. 이 정답률은 다음 <표 2>와 같이 난이도를 재조정하는데 사용된다.

<표 2> 난이도와 정답률의 부여 방식

정답률(%)	난이도	비고
0~30	상(上)	어려운 문제
31~70	중(中)	보통
71~100	하(下)	쉬운 문제

4.2 학습자 모듈

학습자로 로그인하면 단원, 난이도별 문제 비율, 총 문제 수를 선택할 수 있다. 학습자가 각 요소들을 입력하면 시스템이 학습자의 요구 조건에 맞게 자동으로 문제를 출제한다. 학습자가 처음 접근하는 단원의 문제를 풀 경우에는 난이도별 문제 비율과 문제 수를 선택하는데, 이때 상, 중, 하 난이도 비율의 합은 1이 되어야 한다.

문제 출제는 학습자가 선택한 난이도별 문제 비율과 총 문제 수에 따라 각 영역이 동등하게 출제되며 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} D_h &= Q_i \times R_h \\ D_m &= Q_i \times R_m \\ D_l &= Q_i \times R_l \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 Q_i 는 학습자가 선택한 총 문제 수를 나타내고, R_h, R_m, R_l 는 학습자가 선택한 난이도 상, 중, 하의 출제 비율을 나타내며, D_h, D_m, D_l 은 난이도 상, 중, 하의 출제 문제 수를 나타낸다. 난이도별 출제 문제 수가 정해지면 각 난이도에 해당하는 네 영역의 문제 수는 동일한 25%의 비율로 출제한다.

학습자가 한 번 이상 접근한 단원의 문제를 다시 풀고자 할 때에는 시스템이 그 단원에서 학습자의 이전 평가 결과

를 분석하여 부족한 영역의 문제에 출제 비중을 높여 자동으로 재 출제한다. 이때 총 문제 수는 일반적으로 현행 중학교에서 1교시 45분에 출제되는 문제수인 30문항을 기준으로 하였고, 다음 식 (6)과 같이 각 영역별로 재 출제 비율을 결정한다.

$$R_i = \frac{1 - C_i}{\sum(1 - C_i)}, 1 \leq i \leq 4 \quad (6)$$

R_i 는 각 영역별 재 출제 비율을 나타내며, C_i 는 각 영역별로 맞춘 비율을 의미한다. i 는 각 영역(네 영역)을 의미한다.

영역별 재 출제 문제 수를 고려하여 다시 난이도별로 출제되는 문제수의 비율을 정했는데, 이것은 부족한 영역의 비율에 따라 달라지게 된다. 재 출제 할 문제 비율은 식 (1)의 정규분포에 의해 결정된다. 정규분포 $N(\mu, \sigma^2)$ 은 평균 μ 와 표준편차 σ 에 의해 계산되어진다.

본 논문에서 평균은 50, 표준편차는 20으로 두었고, 각 영역별 부족한 영역 비율을 고려하여 식 (1)을 통해 계산된 난이도별 출제되는 문제수의 비율은 <표 3>과 같다.

<표 3> 영역별 부족한 비율에 따른 난이도별 문제 출제 비율

영역별 부족한 비율(%)	재출제시 난이도별 출제비율(%)		
	상	중	하
	정답률(0~30)	정답률(31~70)	정답률(71~100)
95~100	0	8	92
85~95	1	15	84
75~85	1	29	70
65~75	1	49	50
55~65	8	62	30
45~55	16	68	16
35~45	30	62	8
25~35	50	49	1
15~25	70	29	1
5~15	84	15	1
0~5	92	8	0

자동으로 출제된 문제는 문제 수와 난이도에 따라 총 시험 시간이 자동으로 결정된다. 난이도에 따른 문항별 시간과 점수는 현행 중학교에서의 시험 시간별 문항 수를 고려하여 아래 <표 4>과 같이 부여한다.

<표 4> 난이도에 따른 시간과 점수부여

난이도	시간(초)	점 수
상	100초	3
중	90초	2
하	80초	1

시스템은 난이도별 문제 수에 비례하여 총 시험 시간을

계산해주며, 출제된 문제의 총 시험 시간과 점수의 계산식은 다음 식 (7)과 같다.

$$T(\text{sec}) = 100 \times D_h + 90 \times D_m + 80 \times D_l \quad (7)$$

$$S(\text{score}) = \frac{3 \cdot C_h + 2 \cdot C_m + C_l}{3 \cdot D_h + 2 \cdot D_m + D_l} \times 100$$

T 는 총 시험 시간이며 S 는 획득한 점수를 의미하며 이 점수는 100점을 만점으로 한다. 식 (7)에서 D_h, D_m, D_l 은 각 난이도별로 주어진 문제 수를 의미하며 C_h, C_m, C_l 은 각각 난이도별로 맞춘 문항 수를 의미한다.

학습자는 시스템이 계산한 총 시험 시간 내에 출제된 문제를 풀어야하고 총 시험 시간을 초과하면 시스템은 자동으로 정답 제출과 동시에 채점되어 평가 결과 화면으로 넘어가게 된다. 난이도에 따라 문항별 시간과 점수가 다르므로 신뢰성 있는 자신의 평가 결과를 알 수 있다.

4.3 평가 모듈

본 논문의 시스템은 $\circ \cdot \times$ 채점결과, 난이도별 분석 그래프, 영역별 분석 그래프 그리고 학습자의 평가에 대한 분석을 해주고, 분석 결과를 시스템에 저장해두어 학습자가 재학습한 단원의 문제를 풀고자 할 때에는 이전 평가 결과를 바탕으로 부족한 영역의 문제에 출제 비중을 높여 자동으로 문제를 출제한다. 채점 결과는 문항별로 학습자가 선택한 답과 문제의 정답, 그리고 두 답을 비교하여 $\circ \cdot \times$ 를 나타내어 주므로 틀린 문항을 쉽게 확인할 수 있고, 학습자는 원하는 문항에 대한 풀이를 보고 문제에 대한 학습도와 이해도를 높일 수 있다. 학습자가 단원의 재평가를 받고자 할 때는 이전 평가 결과를 분석하여 부족한 영역의 문제에 출제 비중을 높여 자동으로 출제한다.

난이도별 그래프는 학습자가 해당 난이도의 문제를 얼마나 맞췄는가를 그래프로 보여줌으로써 자신의 수준이 어느 정도인지 알 수 있고, 영역별 그래프는 각 영역별로 맞춘 문제수의 비율을 그래프로 보여주어 학습자는 자신의 부족한 영역을 그래프를 통해 알 수 있으므로 재학습시에 그 부분을 중점적으로 학습할 수 있다. 재시험 후에는 이전까지의 누적된 영역별 그래프와 현재 평가에 대한 그래프를 함께 보여줌으로써 학습자의 실력 향상을 한 눈에 볼 수 있다.

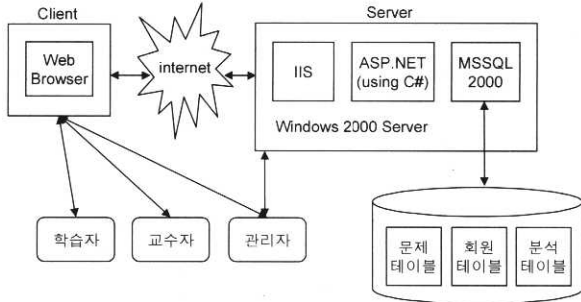
최종 평가는 학습자의 영역별 그래프를 분석하여 텍스트를 통해 표시하여 학습자가 자신의 부족한 영역을 알 수 있도록 하고 단계적으로 부족한 영역에 대한 학습을 보충하면서 좀 더 향상된 학습 결과를 기대할 수 있게 도와 주는 역할을 한다.

5. 실험 및 실험 결과

5.1 실험

본 논문의 시스템은 (그림 3)과 같이 웹 기반의 클라이언

트와 서버로 구성된다. 실험에 사용된 서버는 펜티엄 III 1.7GHz, 윈도우즈 2000 서버 운영체제를 기반으로 MSSQL 2000 데이터베이스 시스템과 인터넷 정보 서비스(IIS 6.0)로 구축하고 C#을 이용한 ASP.NET 언어로 구성된다.



(그림 3) 전체 시스템 구성

실험에 사용된 문제는 중학교 3학년 과학 시험을 모델로 하였다. 실험 사이트는 <http://aisi.pknu.ac.kr/login/WebForm1.aspx>에서 확인할 수 있다. 문제는 총 5개의 대 단원으로 이루어져 있으며 각 문제마다 상, 중, 하의 난이도와 탐구인식, 탐구수행, 자료분석, 종합해결력의 영역으로 구분되어 있다.

회원은 웹 브라우저를 통해 시스템에 접근하며, 회원의 등급에 따라 교수자는 문제 목록, 문제 등록 메뉴에만 접근할 수 있으며, 학습자는 문제 비율 선택, 문제 풀기, 평가 화면에 접근할 수 있고, 관리자는 회원관리 메뉴에만 접근할 수 있다.

5.2 데이터베이스 구성

본 논문에서 사용된 데이터베이스 테이블은 회원 테이블, 문제 테이블, 분석 테이블로 구성되어 있다. 회원 테이블은 회원의 아이디와 패스워드, 주민등록번호 등 회원의 정보를 저장하기 위해 <표 5>와 같이 생성한다.

<표 5> 회원 테이블

필드명	데이터 형식	항목 의미
id	varchar(20)	회원 아이디
passwd	varchar(20)	비밀번호
name	varchar(20)	이름
number	varchar(13)	주민등록번호
school	varchar(20)	소속학교
mail	varchar(30)	E-mail

문제 테이블은 단원, 문제, 정답, 해설, 난이도, 영역 등의 문제와 관련된 정보를 저장하기 위해 <표 6>과 같이 생성한다. 본 논문에서의 문제영역은 과학에서 요구하는 영역인 탐구인식, 탐구수행, 자료분석, 종합해결력으로 나누었고, 문제별로 요구되는 영역은 중학교에서 10년 이상 과학선생님으로 재직중인 분들의 도움을 받아 정하였다.

<표 6> 문제 테이블

필드명	데이터 형식	항목 의미
questionid	int	문제 번호
units	int	단 원
auth	varchar(20)	출제자 아이디
part	int	문제 영역
question	text	문 제
exam1	varchar(40)	보기 1
exam2	varchar(40)	보기 2
exam3	varchar(40)	보기 3
exam4	varchar(40)	보기 4
exam5	varchar(40)	보기 5
answer	int	정 답
comment	text	해 설
difficulty	int	난이도(상, 중, 하)
dtime	datetime	문제 등록, 수정일
stnum	int	총 응시자 수
oknum	int	정답자 수
okrate	float	정답률

분석 테이블은 학습자가 문제를 풀 후에 그 결과를 분석하여 저장하며, 동일 단원에 대한 문제를 한 번 이상 풀 경우에 문제를 자동으로 출제하기 위해 사용되는 테이블이며, 각 단원별로 다음 <표 7>와 같이 구성된다.

<표 7> 분석 테이블

필드명	데이터 형식	항목의미
id	varchar(20)	회원 아이디
count	int	문제를 풀 횟수
units	int	단 원
part1anal	text	탐구인식영역에 대한 누적 점수와 분석
part2anal	text	탐구수행영역에 대한 누적 점수와 분석
part3anal	text	자료분석영역에 대한 누적 점수와 분석
part4anal	text	종합해결영역에 대한 누적 점수와 분석
diffhanal	text	난이도 '상'에 대한 누적점수와 분석
diffmanal	text	난이도 '중'에 대한 누적점수와 분석
difflanal	text	난이도 '하'에 대한 누적점수와 분석

분석 테이블은 각 영역별로 누적된 점수와 분석결과, 각 난이도별로 누적된 점수와 분석 결과를 저장하고 있어 학습자가 동일 단원에 대해 반복해서 문제를 풀 때 자동으로 문제를 출제할 수 있으며 학습자는 부족한 부분이 향상되었는지를 쉽게 확인할 수 있다.

5.2 실험 결과

5.2.1 교수자 화면

교수자로 접근했을 때 문제 등록 화면은 (그림 4)와 같이 오지선다형으로 등록이 가능하며, 멀티미디어 개체 삽입도 가능하다. 문제의 신뢰성을 위해 난이도와 문제에서 요구하

는 영역을 입력하도록 하였다. 문제를 등록하는 순간에는 어떤 학습자도 문제를 풀지 않았기 때문에 정답률은 0으로 설정된다.



(그림 4) 문제등록 화면

(그림 5)는 문제 목록 화면을 보여주고 있으며 등록된 문제들이 난이도별로 얼마나 등록되어 있는지 확인할 수 있다. 자신이 출제한 문제인 경우에만 수정 및 삭제할 수 있고, 다른 교수자는 문제 확인만 할 수 있다.

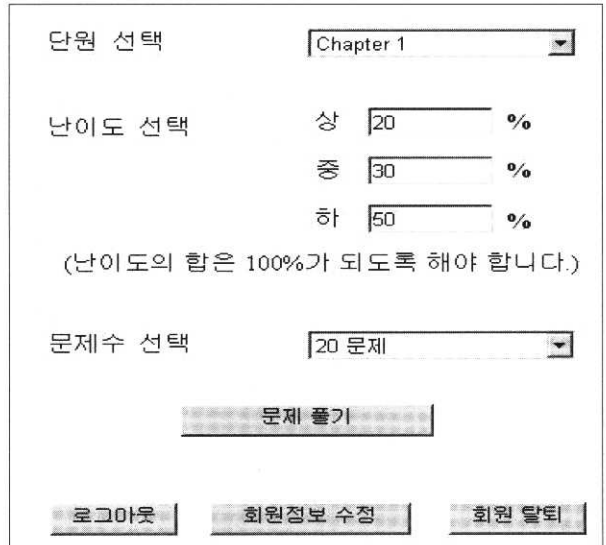
총 등록된 문제수 : 225문제, 상 21.8%, 중 43.56%, 하 34.67%

단원	문 제	난이도	정답률	유시자수	정답자수	문제등록/수정일	출제자	수 정	삭 제
1	병따개, 출입문의...	하	0	0	0	2003-06-14	chlee	수정	삭제
2	다음 중 에너지를...	하	0	0	0	2003-06-09	chlee	수정	삭제
2	역학적 에너지가 역...	하	0	0	0	2003-06-09	chlee	수정	삭제
3	다음은 에너지의 전...	하	0	0	0	2003-06-09	chlee	수정	삭제
3	다음 중 공해가 없...	하	0	0	0	2003-06-09	chlee	수정	삭제
1	다음 보기의 A...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	다음 그림과 같이...	상	0	0	0	2003-06-11	chlee	수정	삭제
1	20N의 물체가 빗...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	다음 그림 (가)...	하	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	다음 그래프는 마찰...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	비행기를 기다리던...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	질량이 500kg인...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	오른쪽 그래프는 용...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	그림과 같은 도르래...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		
1	그림과 같은 도르래...	상	0	0	0	2003-06-09	heic		

(그림 5) 문제목록 화면

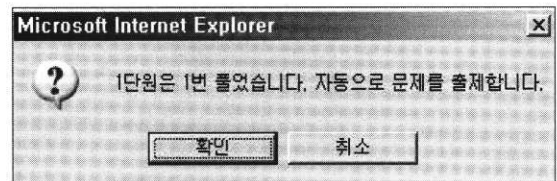
5.2.2 학습자 화면

학습자로 접근하면 (그림 6)과 같이 단원, 난이도 비율, 문제 수를 선택하고 문제 풀기 버튼을 누르면 시스템은 학습자의 요구에 맞게 자동으로 문제를 출제한다.

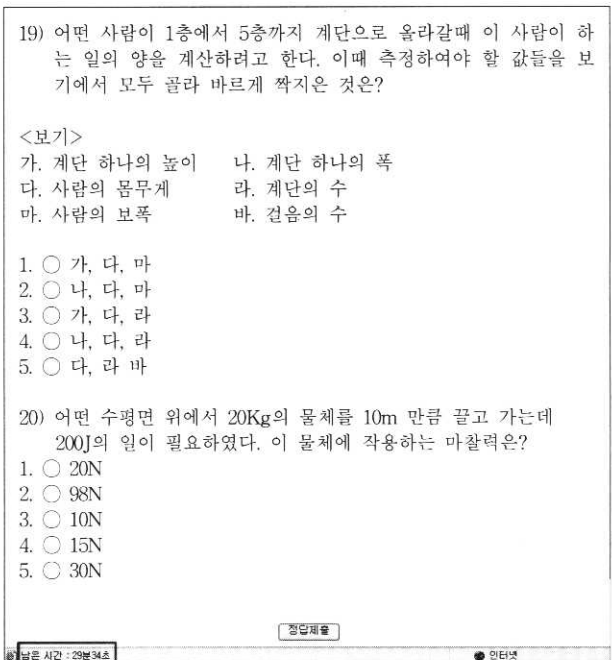


(그림 6) 문제비율 선택 화면

(그림 7)은 학습자가 한 번 이상 접근한 단원의 문제를 다시 풀고자 할 때 보여지는 메시지이다. 이때 시스템은 학습자의 이전 평가 결과를 분석하여 부족한 영역의 문제에 출제 비중을 높여 자동으로 문제를 출제한다.



(그림 7) 확인 메시지



(그림 8) 문제풀기 화면

학습자의 요구 조건에 맞추어 문제를 생성한 후 보여지는 시험지 화면은 (그림 8)과 같으며 난이도와 문제 수를 고려한 총 시험 시간을 웹 브라우저의 작업 표시줄에 나타내어 학습자가 문제를 푸는 동안 남은 시간을 확인할 수 있도록 하였다. 주어진 시간이 다 지나도록 제출하지 않을 경우에는 학습자에게 메시지를 보여주고 자동으로 답을 제출한다.

5.2.3 평가 화면

학습자가 출제된 문제를 풀고 정답을 제출하면 시스템은 자동 채점하여 즉시 결과를 보여준다. (그림 9)부터 (그림 14)까지의 화면은 모두 한 화면으로 구성되어 있으나 웹 브라우저에 모두 나타나지 않아 부득이하게 여러 개의 그림으로 구성하였다.

채점표는 (그림 9)와 같이 두 답을 비교하여 ○·×로 나타내어 주고, 학습자가 틀린 문제에 대해 해설을 보고자 한다면 풀이보기를 클릭하여 (그림 10)와 같은 해설을 볼 수 있다.

채점표

번호	채점	쓰답	정답	풀이보기
1	○	1	1	풀이보기
2	○	3	3	풀이보기
3	○	4	4	풀이보기
4	○	3	3	풀이보기
5	○	1	1	풀이보기
6	○	4	4	풀이보기
7	×	3	4	풀이보기
8	×	1	5	풀이보기
9	○	4	4	풀이보기
10	○	3	3	풀이보기
• • •				
26	×	1	3	풀이보기
27	×	2	1	풀이보기
28	×	4	1	풀이보기
29	×	3	1	풀이보기
30	×	1	3	풀이보기

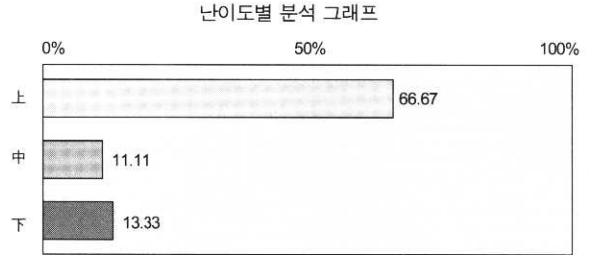
(그림 9) 채점표

다음 그래프는 어떤 물체에 작용한 힘과 물체의 이동거리를 나타낸 것이다. 힘이 한 일은 몇 J인가?

[해설]
삼각형으로 둘러싸인 부분이 일을 한 것이므로 $1/2(4 \times 20) = 40$ J

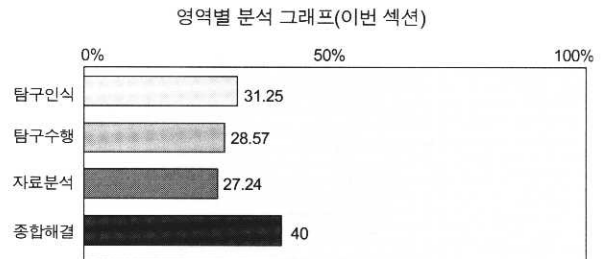
(그림 10) 풀이보기 화면

○·× 채점 결과 외에도 학습 수준을 알 수 있도록 (그림 11)과 같이 학습자가 맞춘 난이도의 비율을 나타낸 난이도별 분석 그래프와 영역별 분석 그래프를 제공한다.

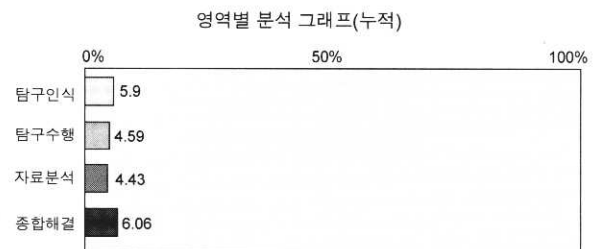


(그림 11) 난이도별 분석 그래프

영역별 분석 그래프는 (그림 12)와 같이 현재의 채점에 대한 분석 결과 그래프와 (그림 13)과 같이 이전까지의 누적된 분석 결과 그래프를 함께 제공하여 자신의 향상된 모습이나 부족한 부분을 쉽게 알 수 있도록 하였다.



(그림 12) 이번 섹션 영역별 분석 그래프



(그림 13) 누적 영역별 분석 그래프

난이도별, 영역별 분석 그래프와 함께 구체적으로 학습자에게 평가 분석을 알려주기 위하여 (그림 14)와 같이 최종 평가 결과를 텍스트로 보여지게 된다. 이렇게 함으로써 학습자는 그래프를 이용하여 시각적으로 평가분석 할 수 있으며, 채점 결과 점수와 함께 제공되는 텍스트로 구체적인 평가 분석을 할 수 있다.

학습자님의 점수는 100점 만점 환산으로 31.37점입니다. 각 영역 점수는 위의 그래프와 같습니다.

문제를 보고 해결해야 할 과정이 무엇인지를 파악하고 점정적인 풀이 나 가설을 세우는 활동은 보통 정도의 수준으로 조금만 더 노력하면 좋은 결과를 낼 수 있습니다.

또한 문제를 모범적인 절차와 방법에 따라 해결해 나가는 능력이 부족하여 많은 노력이 필요하고, 문제를 해결하기 위해 경험에 의해 자료를 처리하는 능력을 많이 키워야 합니다.

마지막으로 탐구를 수행하고 자료를 분석하여 종합적인 결론을 얻고, 그 결과가 탐구 문제를 해결하는데 타당하고, 설정된 가설을 충분히 지지할 수 있는지를 평가하는 능력의 학습이 조금 더 보충되어야 합니다.

(그림 14) 최종 평가 분석 화면

5.3 실험 결과 분석 및 비교

본 논문은 학습자의 수준 평가를 이용하여 웹 기반에서 자동으로 문제를 출제하는 시스템을 구축하였다. 학습자의 평가 결과에 대한 분석 자료를 데이터베이스에 저장하여 문제를 재 출제할 경우에는 부족한 영역의 문제에 가중치를 두어 재 출제하며 평가 분석 자료는 응시할 때마다 갱신되도록 하여 학습자가 자신의 부족한 부분을 찾아내어 집중적으로 학습할 수 있도록 하였다.

그 결과를 검증하기 위해 타 논문의 각 기능의 특징을 비교하면 <표 8>과 같다. <표 8>의 모든 논문은 온라인 상의 출제 방식을 채택하고 있으며, 각 기능이 의미하는 내용은 다음과 같다. 문제 선택 기능은 학습자가 문제의 난이도와 단원을 선택하는 기능을 말하며 풀이 기능은 각 문제에 대해 학습자에게 설명을 보여주는 기능을 말한다. 성적 통계 기능은 학습자의 평가 결과를 정답과 오답의 비율을 계산하여 보여주는 기능이고, 난이도 조정 기능은 각 문제의 정답률에 따라 난이도를 자동으로 조정해 주는 기능을 의미한다. 평가 분석 기능은 성적 통계에서 나타낸 결과를 학습자에게 시각적으로 그래프화 하는 기능이며 마지막으로 자동 재 출제 기능은 학습자의 평가 분석 결과를 바탕으로 시스템이 문제를 자동으로 재출제 함으로써 학습자의 부족한 영역을 보충할 수 있게 하는 기능을 의미한다.

<표 8> 논문별 기능 특징 비교

참고 문헌	문제 선택	풀이	성적 통계	난이도 조정	평가 분석	자동 재출제
[1]	×	○	×	○	×	×
[7]	×	△	△	×	△	×
[8]	×	○	○	×	×	×
[10]	×	×	○	×	×	×
[11]	×	○	○	○	△	△
[13]	○	○	○	○	○	×
[14]	×	×	○	○	○	×
[15]	○	○	△	△	×	×
[23]	×	○	○	×	×	×
본논문	○	○	○	○	○	○

○ : 기능 있음, △ : 기능 미비, × : 기능 없음.

<표 8>의 타 논문과의 비교에서 알 수 있듯이 본 논문

에서는 문제의 난이도를 재조정하고 학습자의 평가 분석을 통하여 학습자에게 부족한 부분에 대해 자동으로 재 출제할 수 있는 기능을 포함함으로써 학습자 스스로 부족한 영역을 보충할 수 있도록 할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 학습자의 수준평가에 근거한 자동 문제 출제 시스템을 제안하였다. 기존의 교육평가 시스템에서 문제점으로 지적되고 있던 고정 출제 방식과 무작위 출제 방식을 개선하여, 학습자가 문제를 풀고자하는 단원, 자신에게 적절한 난이도, 문제 수를 입력하면 그에 따른 문제를 자동으로 출제해 주고, 이후 이미 풀었던 단원에 대해 다시 응시할 경우에는 이전의 평가 결과를 바탕으로 부족한 영역의 문제를 자동 출제 해줌으로써 학습자가 자신의 수준에 맞는 문제를 풀 수 있게 하였고, 학습자가 출제된 문제를 다 풀고 난 후 이루어지는 평가 부분에서도 단순히 기존의 점수만을 보여주거나 ○·× 결과만을 보여주는 것이 아니라 학습자가 풀이한 결과에 대한 각종 통계 자료를 제공함으로써 학습자가 자신의 학습 수준을 파악할 수 있게 하였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 인터넷이 연결된 곳이라면 언제 어디서나 쉽게 이용할 수 있으므로, 회원으로 가입된 교사들이 문제를 작성하고 배포하며, 평가하는데 드는 시간을 대폭 줄일 수 있으므로 교육의 효율성을 높일 수 있다. 또한, 고정된 문제를 출제하는 것이 아니라 학습자의 수준과 부족한 영역에 기초하여 문제를 자동으로 출제하므로 학습자는 다양한 개별화된 문제를 접할 수 있고, 평가와 분석을 통해 얻은 자료를 바탕으로 부족한 학습 내용을 스스로 학습할 수 있으므로 개별 학습 능력과 자기 주도적 학습 능력의 향상을 가져올 수 있다.

본 논문의 시스템은 학습자의 평가 정보를 가지고 있어서 같은 단원에 대해서 재 응시했을 경우, 이전 평가를 바탕으로 부족한 영역의 문제를 중점적으로 자동출제 해줌으로써 그 영역에 대해 확실한 이해가 가능하게 할 수 있을 것이다. 또한 본 논문에서는 중학교 3학년 과학 과목에 제한하여 실험을 하였지만 문제의 난이도와 영역만 주어진다 면 어떠한 과목에서도 동일하게 적용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 이영현, 강성국, 김명렬, “원격교육 평가를 위한 문제 은행 시스템의 설계 및 구현”, 한국컴퓨터교육학회논문지, 제3권 제1호, pp.117-125, 2000.
 [2] 김영식, 김태영, 김한일, “컴퓨터 교육을 위한 핵심과목 웹 코스웨어의 설계 및 구현”, 한국컴퓨터교육학회논문지, 제2권 제3호, pp.25-37, 1999.

[3] 손경아, 정제창, 황대준, 고기정, "상호참여형 원격교육을 위한 프로그램 실습용 코스웨어 개발", 교육공학연구, 제14권 제2호, pp.51-68, 1999.

[4] 박숙희, 엄명숙, 이경희 공저, "교육방법 및 교육공학", 학지사, 1999.

[5] 박영규, 설양환, 최명숙 공저, "교육@인터넷", 양서원, 2000.

[6] 김갑용, "실기교육방법론", 원창출판사, 2002.

[7] 임희숙, "웹 기반 지능형 문제은행 시스템 설계 및 구현", 전남대학교대학원 석사학위논문, 2000.

[8] 임희숙, 김장근, 김수형, "CGI를 이용한 웹기반 문제은행시스템 설계 및 구현", 한국정보교육학회 '99 추계학술발표논문집, 제4권 제2호, pp.307-312, 1999.

[9] 홍종기, 전우천, "수준별 평가를 위한 문제은행 시스템의 설계 및 구현", 한국정보교육학회 2001년 하계학술발표논문집, 제6권 제2호, pp.291-303, 2001.

[10] 이석호, 김창수, 황현숙, "인터넷 환경에서 가상 학습평가 시스템 설계 및 구현", 멀티미디어학회논문지, 제1권 제2호, pp.204-213, 1998.

[11] 김경아, 최은만, "웹 기반 교육에서의 자동 문제 출제 시스템", 정보처리학회논문지A, 제9-A권 제3호, pp.301-310, 2002.

[12] 허 원, "인터넷을 이용한 문제 및 출제 평가 시스템의 현황", 한국공학교육기술학회지, 제6권 제1호, pp.26-31, 1999.

[13] 하일규, 강병욱, "문항출제와 문항분석이 가능한 웹 기반 교육평가 시스템의 설계 및 구현", 정보처리학회논문지D, 제9-D권 제3호, pp.511-522, 2002.

[14] 정용기, 최은만, "웹 기반 학습평가 자동화 시스템의 설계 및 구현", 정보처리학회논문지D, 제9-D권 제2호, pp.289-296, 2002.

[15] 이상근, 강주성, 최길수, 최종홍, 김동호, "웹 기반 학습을 위한 객관식 평가문항 출제 도구 개발", 한국정보교육학회 2001년 동계학술발표논문집, 제6권 제1호, pp.325-335, 2001.

[16] Tomohiro Nishida, "Lecture Supporting System by Using E-main and WWW," ACM SIGCSE Bulletin, 28(1), pp. 280-284, 1996.

[17] 포항공과대학교, "컴퓨터의 원리와 실제", 교육부, 충남, 1997.

[18] 김두연, "우리나라 원격교육", 한국정보처리학회, 제4권 제3호, pp.4-12, 1997.

[19] 장영도, "전자계산일반 학습용 멀티미디어타이틀의 설계 및 구현", 경남대학교교육대학원 석사학위논문, 1995.

[20] 김광용, "인터넷을 이용한 원격수업의 운영 및 그 효과", Proceedings of '97 KMIS International conference, pp.846-856, 1997.

[21] 황정규, "학교 학습과 교육 평가", 과학교육사, 1994.

[22] James Stewart, "CALCULUS(Fourth Edition)," THOMSON, 2001.

[23] 이진경, 전우천, "웹 기반 학습을 위한 평가 시스템의 설계 및 구현", 한국정보교육학회논문지, 제4권 제1호, pp.40-56, 2000.



이 현 주

e-mail : hjlee@aisol.pknu.ac.kr
 2002년 부경대학교 전자계산학과 학사
 현재 부경대학교 교육대학원 전산교육전공 석사과정
 관심분야 : 원격교육



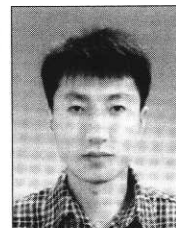
이 미 숙

e-mail : mslee@aisol.pknu.ac.kr
 2002년 부경대학교 전자계산학과 학사
 현재 부경대학교 교육대학원 전산교육전공 석사과정
 관심분야 : 원격교육



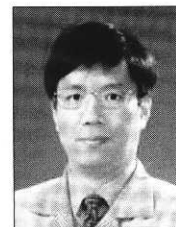
홍 승 미

e-mail : smhong@aisol.pknu.ac.kr
 2001년 부경대학교 컴퓨터공학과 학사
 현재 부경대학교 교육대학원 전산교육전공 석사과정
 관심분야 : 원격교육



이 찬 희

e-mail : chlee@aisol.pknu.ac.kr
 2000년 부경대학교 전자계산학과 학사
 2002년 부경대학교 전자계산학과 석사
 현재 부경대학교 전자계산학과 박사과정
 관심분야 : 인공지능, 신경망, 패턴인식, 컴퓨터 비전



정 순 호

e-mail : shjung@pine.pknu.ac.kr
 1980년 서울대학교 수학교육과
 1982년 한국과학기술원 전산학과 석사
 2000년 한국과학기술원 전산학과 박사
 1982년~1986년 삼성전자 종합연구소 주임 연구원
 1986년~1987년 C&B Technology Co. 개발부장
 1987년~현재 부경대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 교수
 관심분야 : 인공지능, 신경회로망, 패턴인식, 컴퓨터 시각, 컴퓨터 보안