

웹기반교육에서의 자동 문제 출제 시스템

김 경 아[†] · 최 은 만^{††}

요 약

인터넷이 교육분야에도 활발히 사용되면서 자료검색부터 동영상 강의 나아가 인터넷을 통해 실시간으로 시험을 치르고 있다. 웹을 이용한 원격시험에 출제되는 문제들은 대부분 고정출제나 문제은행방식을 이용한 무작위 출제방식을 사용하고 있다. 본 논문의 문제은행시스템은 마크업 언어를 모르더라도 문제를 제작할 수 있으며, 웹 상에서 시험을 치르고난 후 정답률에 기초하여 난이도를 자동으로 재조정할 수 있다. 또한 학습자는 시험이 끝난 뒤 피드백 학습을 할 수 있으며, 학습 후에는 학습자가 스스로 난이도를 조정하여 재시험을 치를 수 있게 하였다. 자동 난이도 출제 방식은 출제가 간편해지며 평가의 예상평균점수를 미리 예측하고 시험결과가 계속 문항마다 누적되어 이를 바탕으로 출제되는 문제가 너무 쉽게 또는 너무 어렵게 출제되는 것을 막을 수 있다. 또한 원격시험은 대리시험 등 부정의 소지가 많아 유형이 다른 문제를 출제하게 되는데 여기서 오는 형평성 문제를 극복할 수 있게 된다.

Automated Selection System of Examination Questions in Web-Based Instruction

Kyung-a Kim[†] · Eun Man Choi^{††}

ABSTRACT

Internet has been applied to the educational field such as data search, lecture by motion picture, realtime examination. Most questions made for these remote examinations use methods of making questions randomly using fixed questions or item pools. The designed system in this paper makes questions without knowing MARK-UP language and after undergoing examinations on Web. Also it readjusts degree of difficulty automatically on the basis of the rate of correct answers. In addition, this enables learners to perform feedback learning after examinations and subsequently learners themselves to adjust their degree of difficulty and undergo reexaminations. The automatic selection system makes it easy to select questions, possible to expect average marks and number of questions made, and to prevent that questions may be made too easy or too hard. For a remote examination, as there are much possibilities of dishonesty such as examination by proxy so different types of problems are made, and problems of the rationality caused from that can be avoided.

키워드 : 웹기반교육(Web-Based Instruction), 자동 문제 출제(Examination Question Selection), 컴퓨터 기반 교육(Computer Aided Education)

1. 서 론

웹을 이용한 인터넷 사용이 급증하면서 기초적인 자료검색에서부터 전자상거래, 멀티미디어 기술을 활용한 정보교환, 인터넷상의 각종 모임 등이 활발히 사용하고 있으며 새로운 형태의 응용분야도 계속 개발되고 있다. 교육분야에서도 교내망 또는 인터넷망을 통해 다양한 학습정보를 제공하고 있으며 학생들은 시간과 공간을 초월하여 학습할 수 있는 원격교육이 보편화되어 가고 있다. 이제 원격교육은 기초적인 학습

자료 검색에서부터 동영상 강의, 나아가 인터넷을 통해 실시간으로 시험을 치르는 영역으로까지 확대되고 있다[3, 5, 7, 9, 16, 17].

웹에서의 시험은 대부분 문제은행 방식을 이용하게 되는데 이는 문제를 데이터베이스에 저장하고 관리하기 위한 기술, 문제를 데이터베이스로부터 선택하는 기술, 클라이언트에 문제를 제시하는 기술, 시험을 치른 후 결과를 서버에 전송하는 기술, 실시간으로 수강자에게 채점결과를 알려주고 데이터베이스에 저장하는 기술 등 다양한 기술들이 접목되어야 한다[17].

그러나 현재의 원격학습 시스템에서의 문제 출제 방식을 보면 사이트 운영자가 미리 고정된 문제를 출제하고 학습자는 미리 주어진 문제만을 풀도록 운영되고 있다[4, 16]. 이는

* 본 연구는 동국대학교 논문계제연구비 지원으로 이루어졌습니다.
[†] 정 회 원 : 중앙대학교 전산원, 호서전산전문학교 쌍용정보교육센터 강사
^{††} 정 회 원 : 동국대학교 컴퓨터공학과 교수
 논문접수 : 2002년 3월 27일, 심사완료 : 2002년 6월 17일

학습자들이 다양한 문제를 풀 수 있는 기회를 차단한다. 이보다 개선된 방법으로 웹을 통한 문제은행 방식이 있다. 그러나 대부분이 문제를 무작위로 출제하고 이때 난이도 등을 고려하지 않으므로 학습자들의 학습성취도가 출제 문제에 제대로 반영되지 않고 있다.

따라서 학습자가 웹 상에서 문제풀기 메뉴를 선택하면 시스템이 자동으로 다양한 문제들을 출제해 준다면 학습자는 훨씬 더 효과적인 평가를 받을 수 있을 것이다. 또한 무작위로 출제를 하게 될 때에도 문제의 난이도를 고려하여 학습자의 수준에 맞추어 출제를 한다면 훨씬 더 효율적인 문제은행 시스템이 될 수 있을 것이다.

이 연구에서는 크게 두 가지에 주안점을 두었다. 첫째는 데이터베이스로부터 문제를 선택하고 관리하는 기술에 관한 것으로 출제자는 웹 상에서 예상평균점수와 출제 문제 수만을 입력하는 방법으로 문제를 선택할 수 있으며, 이 때 정답물에 기초하여 문제를 선택하게 되므로 선택된 평가에 예상평균점수를 유도할 수 있다. 학습자 측면에서도 무작위로 출제되는 다양한 형태의 문제를 난이도별로 선택할 수 있으므로 학습성취에 따른 효율적인 학습을 가능하게 한다. 또한 출제된 문제에 대해서는 평가결과에 따라 정답률이 재조정 되도록 구성하여 출제된 문제에 대한 신뢰성을 증가시켰다.

둘째, 학습자는 인터넷을 활용하여 문제를 풀게 되므로 시간과 공간의 제약받지 않고 시험에 응시할 수 있으며, 자동채점기능을 지원하므로 시험을 치른 후 즉각적으로 평가결과를 확인하고 틀린 문제에 대해 다시 학습할 수 있는 피드백 기능을 제공하는 것이다. 학습자는 피드백 학습 후에 시험의 난이도를 높여 재시험에 응시함으로써 학습의 성취도를 높일 수 있다. 또한 이러한 시험성적은 데이터베이스에 저장되므로 학습자는 자신의 평가 결과를 즉시 확인할 수 있다.

논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2장에서는 웹 기반 교육 중 평가부분의 관련 연구에 관한 내용 및 문제은행 운영 사이트의 사례에 대하여 기술하였고, 제 3장에서는 웹을 기반으로 한 문제출제 시스템의 개발방향 및 시스템의 구조와 설계 과정에 대하여 기술하였고, 제 4장에서는 개발환경 및 실제 구현을 통한 교육적 효과에 대해, 제 5장에서는 연구결과를 바탕으로 결과 및 향후 과제에 대해 기술하였다.

2. 웹기반 교육에서 평가에 관한 연구

2.1 평가 방법에 대한 이론적 연구

웹을 기반으로 한 교육이 급증하면서 웹기반 교육에서의 평가에 관한 연구도 활발해지고 있다. 웹 기반 교육 중 평가 부분에 관해 이미 발표되어 있는 연구자료 몇 가지를 소개하고 그 장점 및 단점에 대해 살펴본다. 김순원[5]의 연구의 특징은 문제생성 마법사를 통해 출제된 문제를 학습자가 풀고,

틀린 문제나 애매하다고 체크한 문제에 대하여 피드백 학습을 할 수 있도록 시스템을 구현하였다. 그러나 문제생성 마법사가 웹 상에서 문제를 등록하는 것 이상의 기능이 없으므로 단순 출제 및 응시를 구현한 시스템이다. 다만 시험 응시 후 피드백 학습을 지원하며, 문제별로 각 보기에 대한 응답 결과 통계를 확인할 수 있다는 특징이 있다.

임희숙[16]의 연구는 학습자의 학습 진행 상태 및 학습성취도에 따라 수준별로 제시된 문제를 풀게됨으로써 학습성취도를 높일 수 있도록 시스템을 구현하였다. 학습자는 진단평가를 통해 현재의 학습 진행 상태를 파악하게 되며 이 결과에 따라 무작위로 출제되는 보충문제 또는 심화문제를 푸는 단계로 넘어가는 것이다. 그러나 문제의 수준에 대한 평가가 객관적 근거가 없이 출제자의 임의의 판단 기준에 의한 것이어서 각 단계의 문제 수준에 대한 신뢰성이 떨어진다.

이상철[13]의 연구에서는 학습자의 입장에서 평가하고, 교수자는 이 결과를 학습지도에 이용할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 학습은 과목별로 기본학습 → 학습평가 → 심화학습 → 재평가의 단계로 진행되는데, 시스템은 평가시에 각 문제에 대해 오류를 범한 부분을 자율적으로 찾을 수 있도록 하여, 학습자는 틀린 단원에 대해서 집중 심화 학습을 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 이 역시 문제수준의 평가에 대한 객관적 근거가 없이, 단순히 기본학습 평가문제와 심화학습 평가문제로 나누므로 각 단계별 문제들에 대한 객관성이 떨어진다.

한국컴퓨터교육학회 논문지에 발표된 이혜영, 전병호의 연구에 따르면 문항의 평가를 난이도와 이해도, 이해등급 및 성취도에 따라 측정이 가능할 수 있도록 그 이론적 근거를 제시하고 있다. 이 중에서 난이도에 따른 평가방안은 $D_{post} = \frac{N}{R}$ 로 나타내고 있는데 여기서 N은 정답을 한 피험자, R은 총 피험자의 수로 정의하고 있다. 본 연구의 정답률도 이 이론적 근거에 의해 구현되고 있다[15].

장훈의 연구 시스템은 웹 상에서 문제를 등록하고 응시자는 시험 시간에 맞춰 문제를 풀도록 하는 시스템이다. 특징을 살펴보면 객관식 유형의 문제뿐만 아니라 단답형의 문제들도 출제 가능하도록 구성하였으며, 이에 따라 자동 채점과 수동 채점 방식 모두를 지원하도록 하여 채점에서의 오류를 줄였다. 또한 부정행위 방지를 위해 응시자에게 미리 시험 등록을 하게 하는데 이때 입력되는 IP정보를 가지고 같은 서브넷에 두 명 이상의 수강자가 있는 경우에는 서로 다른 유형의 문제를 제시하도록 하고 있다. 그러나 문제의 난이도를 고려하지 않고 조건 없이 무작위로 출제하고 채점시에 각 문제의 난이도에 따라 가중치를 곱하는 형식을 취하므로 응시자가 서로 다른 유형의 문제들을 풀게 되는 데에서 오는 형평성의 문제가 완전히 해소되었다고는 볼 수 없다. 이때 난이도는 출

제자가 임의로 부여한 값이므로 출제 문제의 객관적 신뢰성이 떨어지게 된다[17].

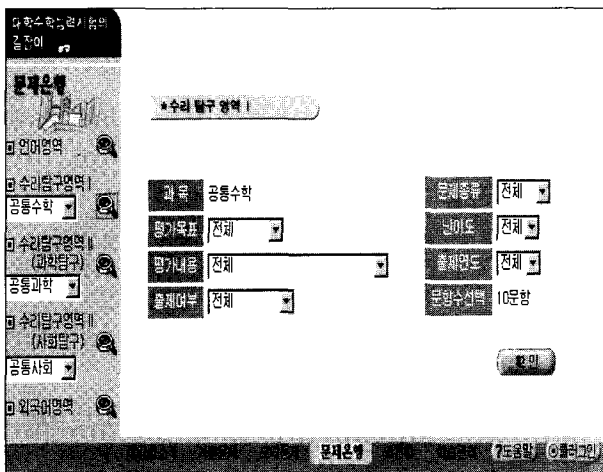
2.2 문제은행 시스템 운영 사이트 사례

현재 인터넷을 이용한 원격교육 및 가상교육이 보편화되고 있으며, 이를 기반으로 한 문제은행 시스템의 활용도 활성화되고 있는 실정이다. 본 연구와 관련하여 웹 상에서 운영되고 있는 문제은행 운영 사이트 중에서 중요한 몇 가지를 소개하고 평가한다.

2.2.1 에듀넷(www.edunet4u.net)

에듀넷은 한국교육학술정보원에서 운영중인 교육사이트로 유아 및 초중고, 대학생과 학부모, 일반인을 상대로 한 토털 교육사이트이다. 문제은행과 관련하여서는 고등학생을 대상으로 대학수능시험에 대하여 기출문제와 모의고사 문제를 수록하고 있으며, 문제은행이 별도로 존재하여 영역별로 평가 목표, 난이도 등 다양한 조건으로 문제를 검색하는 것이 가능하게 되어 있다.

그러나 웹 상에서의 평가(문제풀기)가 지원이 되지 않고, 해답도 없는 단순 문제만을 보여주는 형태로 존재한다. 따라서 피드백 학습이 지원되지 않으며, 학업성취도를 판단하기가 어렵다.



(그림 1) 에듀넷의 문제은행 중 문제선택 화면

2.2.2 플랩 컨설팅(www.flep.co.kr)

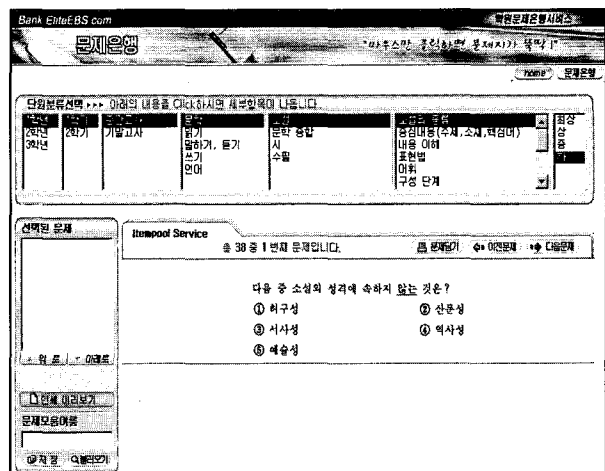
유료로 운영되는 사이트로 문제지를 쉽게 생성할 수 있도록 구성된 사이트이다. 웹 상에서 문제를 출제, 관리하는 것이 가능하다. 단원별로도 아주 세분화된 검색과 특정 난이도의 문제를 몇 문항씩 선택하는 것이 가능하다. 선택된 문제를 한글로 편집하고 출력 할 수 있어 문제지를 만드는 것이 아주 쉽다. 그러나 웹 상에서의 평가가 이루어지지 않으며, 문제가 자동으로 선택되어지지않고 한 문제씩 선택해야 하는 번거로움이 있다. 문제가 자동 출제되지 못하므로 학습자가 능동적으로 자신의 학업성취도를 판별하기는 곤란하다.



(그림 2) 플랩 컨설팅의 문제선택 화면

2.2.3 영재교육방송(school.elitebs.com)

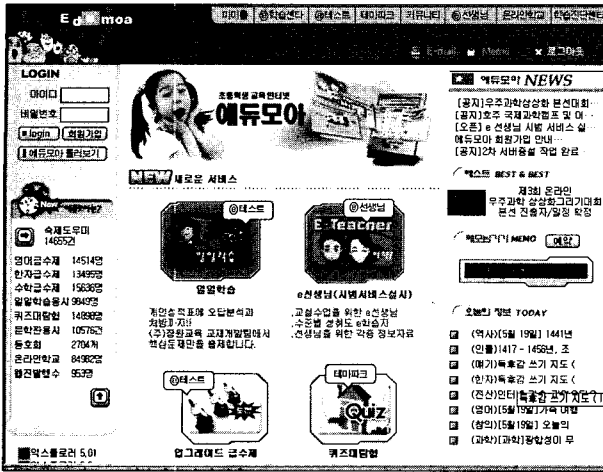
중학생을 대상으로 국·영·수·과학 과목에 대한 문제은행을 운영하고 있다. 단원별로 문제를 보고 한 문제씩 선택하는 형식이며, 이를 출력해서 사용한다. 또한 성적분석표 보기 기능이 있어 평가 후 점수를 기록할 수 있으나 웹 상에서 문제를 푸는 것이 아니고, 문제지를 출력해서 평가하고 그 점수를 성적분석표에 단순 입력, 저장하는 형태이다.



(그림 3) 영재교육방송의 문제선택 화면

2.2.4 에듀모아(www.edumoa.com)

초등학생을 대상으로 하는 교육사이트로 매일학습문제가 출제된다. 학습자는 문제를 풀고 문제해설과 정답을 보고 틀린 문제를 체크할 수 있다. 또한 틀린 문제만을 모아 놓은 학습진단센터가 따로 마련되어 있어 학습내용을 재점검할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 학습결과가 과목별로 전체정답자수 대비 내가 맞춘 문제수가 그래프 형태로 출력이 되어 학습성취도를 판단하기가 쉽다. 그러나 학습자는 주어진 문제를 풀기만 하는 일방적 시스템 형태이다.



(그림 4) 에듀모아의 초기화면(매일학습문제 / 학습진단센터)

3. 자동 문제출제 시스템의 설계

3.1 설계 방향

이제까지 제안된 웹 기반 문제은행 시스템에서 사용하는 출제 방식은 거의가 고정 출제나 무작위 출제 방식으로 이는 교수자의 난이도 조절 의도가 반영되지 못하며, 테스트 후 이를 바탕으로 한 학습자의 피드백 학습이 제대로 이루어지지 못하였다.

자동 문제출제 시스템은 웹 기반의 편리한 사용자 인터페이스를 이용하여 문제등록과 출제가 간편하게 이루어지도록 구성하였으며, 출제되는 문제에 난이도를 부여하므로 출제자의 출제 의도를 반영하였다. 또한 평가의 결과를 문제의 난이도에 재부여 하므로 평가에 이용하기 위해 출제되는 문제의 신뢰성을 높였다. 나아가 학습자에게는 피드백 학습을 제공하고 이를 바탕으로 재평가를 가능하게 하는 종합적인 시험 관리 시스템이다. 시스템설계 목표는 다음과 같다.

3.1.1 편리한 문제 제작 환경

웹 기반이므로 문제를 출제하고 관리하기 위한 환경을 제공하여 마크업 언어를 사용하는 어려움을 덜게 하였다. 검색 기능을 강화하여 과목별, 문제내용, 난이도 별로 검색이 가능하도록 하였으며, 이에 따라 문제를 입력할 때에 동일문제가 존재하는지의 여부를 미리 검색하고 등록할 수 있게 한다.

3.1.2 정답률에 기초한 문제별 난이도 자동 재조정

기존의 평가 시스템에서의 난이도 부여는 대부분이 문제 출제자가 일방적으로 가중치를 주어 부여하는 방식에 의존하였다. 이는 문제의 난이도가 출제자의 주관에 따라 부여되는 것으로 객관성이 떨어지게 된다. 자동 문제출제 시스템에서는 난이도를 5단계로 세분화하였다. 우선 한번도 출제되지 않았던 문제에 대해서는 출제자가 난이도의 초기치를 임의로 부여하고, 출제되었던 문제에 대해서는 총응시자수 대비 정답자수에 의한 정답률에 기초하여 난이도의 재조정이 가능하도록 하였다. 이러한 방식을 통해 잘못된 문제(예를 들어 정

답률이 100%나 0%)의 판별도 가능하게 되므로 문제는행의 문제들이 신뢰성을 얻게 된다.

3.1.3 출제방식의 다양성

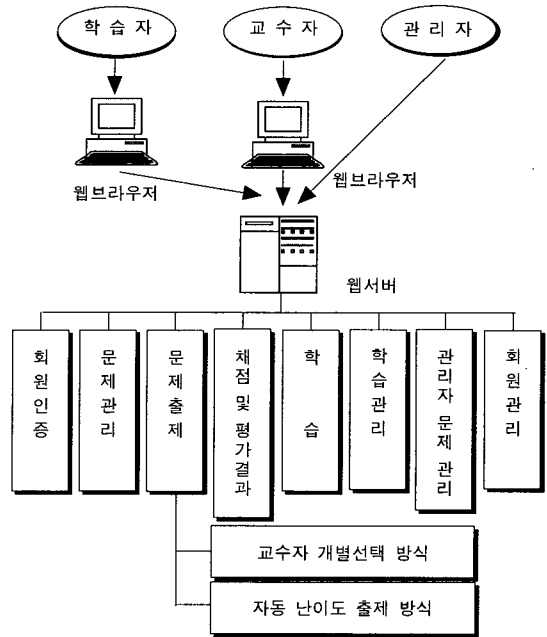
기존의 문제은행 시스템에서의 문제 출제 방식은 고정 출제나 무작위 출제 방식이 대부분이었다. 이러한 방식은 난이도 조정이 불가능하여 너무 쉽게 또는 너무 어렵게 출제되는 문제점이 있었다. 자동 문제출제 시스템은 두 가지의 출제 방식을 지원한다. 첫번째는 교수자 개별 선택 방식으로 문제 리스트에서 문제를 보고 한 문제씩 선택하는 방식이다. 둘째는 자동 난이도 출제 방식으로 출제자가 예상평균점수와 출제 문제수를 입력하기만 하면 시스템이 알아서 예상평균점수가 나오도록 난이도에 따라 문제를 출제하는 방식으로 본 연구에서 주요점을 둔 부분이다.

3.1.4 피드백 학습지원

본 시스템은 자동 채점 기능을 지원하므로 학습자는 시험이 끝난 뒤 자신의 점수를 바로 확인할 수 있으며, 점수 확인 후 틀린 문제와 그 단원에 대한 피드백 학습이 가능하도록 하였다. 또한 피드백 학습 후에는 학습자가 난이도를 조정하여 재시험을 치를 수 있게 하여 학습성취도에 따라 출제문제의 유형을 달리할 수 있도록 구성하였다. 학습자의 시험결과들은 데이터베이스에 자동 저장되므로 이후에도 자신의 점수를 바로 확인하고 선택적으로 취약한 단원의 재학습이 가능하다.

3.2 시스템 설계

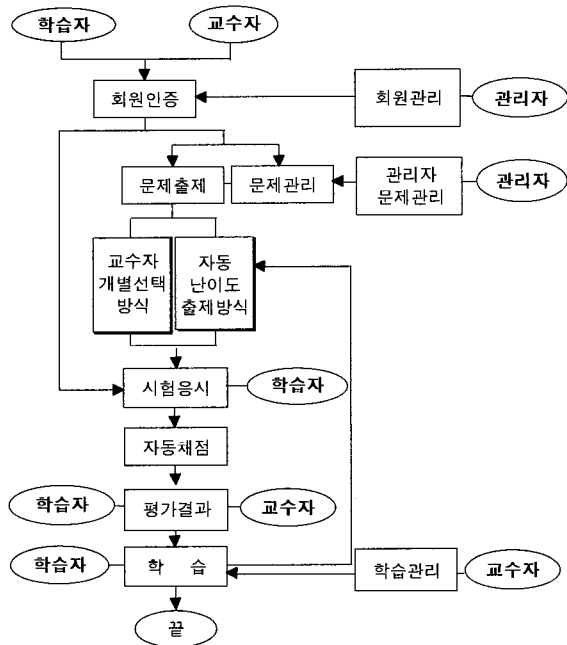
자동 문제출제 시스템의 대략적인 구조는 (그림 5)와 같다. 교수자와 학습자는 각기 다른 웹 브라우저를 통해 시스템에 접근하며, 관리자는 직접 서버에서 작업한다.



(그림 5) 자동 문제출제 시스템의 개괄적 구조도

자동 문제출제 시스템은 총 8개의 서브모듈로 나뉘어져 있다. 회원인증모듈은 ID와 Password를 입력하고 로그인하고, 문제관리모듈은 문제의 입력/수정/삭제 등의 관리하며, 문제출제모듈은 교수자가 교수자 개별 선택 또는 자동 난이도 출제 방식으로 문제를 출제하는 모듈이며, 채점 및 평가결과 모듈은 자동채점과 평가결과 저장 및 정답자수에 의한 정답률 재조정하며, 학습 및 학습관리(과목등록)모듈은 피드백 학습지원 및 학습내용 입력한다. 관리자급 문제관리 모듈은 신뢰성 없는 문제 일괄 삭제하고 회원관리모듈은 관리자가 회원(교수자 및 학습자)의 정보를 변경할 수 있는 모듈이며 이 모듈은 학습자와 교수자, 관리자 모두가 접근할 수 있는 모듈이다. 학습자는 평가결과모듈 및 피드백 학습 후 자동 난이도 출제방식으로의 문제출제모듈에 접근할 수 있으며, 교수자는 문제관리모듈 및 문제출제, 학습관리모듈에, 관리자는 관리자급 문제관리모듈과 회원관리모듈에 접근할 수 있다.

시스템의 처리 절차를 서브 모듈별로 분석하면 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 자동문제출제시스템의 서브모듈별 처리 흐름도

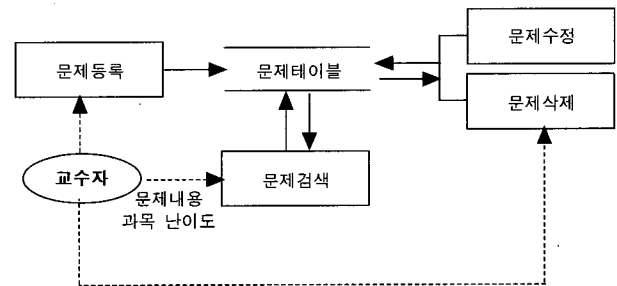
3.3 데이터베이스와 처리 절차

프로그램 접속은 회원인증으로 시작되며 회원은 교수자와 학습자로 분류되며, 교수자인지, 학습자인지에 따라 메인화면에서 선택할 수 있는 메뉴를 구분하게 된다. 회원인증모듈에서 저장하는 데이터베이스 형식과 처리 절차는 간단하므로 생략한다. 중요한 모듈은 문제관리모듈로 문제를 등록, 수정, 삭제할 수 있는 모듈로 실제문제가 저장되어 있는 문제테이블을 관리한다.

<표 1> 문제테이블

필드명	데이터형식	의미
uid	int	문제의 ID로 자동증가값(Primary Key)
subject	char	문제내용
ex1t	char	보기 1
ex2	char	보기 2
ex3	char	보기 3
ex4	char	보기 4
answer	char	정답
note	text	해설
lesson	char	과목명
unit	char	단원명
signdate	int	문제등록일(문제수정시 수정일로 변경)
grade	char	난이도(5단계로 기록)
rate	int	정답률(10의 배수로 기록)
total	int	총응시자수(누적값)
right	int	정답자수(누적값)

문제관리모듈의 처리절차는 교수자가 웹 상에서 문제를 등록하여 문제테이블에 저장하고 출제한 교수가 문제테이블로부터 문제를 수정, 삭제할 수 있는 모듈로 구성하였다.



(그림 7) 문제관리모듈의 처리구조

3.3.1 문제등록

문제등록은 교수자가 웹 상에서 사전 마크업 언어에 대한 지식이 없이도 입력이 가능하도록 구현하였으며, 본 시스템은 사지 선다형의 문제출제만이 가능하도록 하였으며, 과목과 단원별로 문제를 분류하여 등록하여야 한다. 각 문제별로 해설부분을 입력하여 문제의 힌트나 피드백 학습에 사용되어질 수 있도록 하였다. 문제 등록일은 최초로 문제를 등록한 날짜가 저장되는데 문제를 수정하게되면 수정된 날짜로 갱신된다.

난이도와 정답률의 부여방식은 아래와 같다. 처음 문제를 등록할 때에는 출제자가 임의로 난이도를 상, 상중, 중, 중하, 하의 5단계 중 하나를 선택하여 등록하게 되고, 정답률의 초기치는 <표 2>에 명시된 값으로 부여된다. 시험출제 후에는 총 시험응시자수 대비 정답자수에 따른 정답률이 재조정되며, 이에 따라 난이도 또한 조정된다.

<표 2> 난이도 및 정답률의 부여 방식

난이도	정답률	난이도에 따른 정답률의 초기치	비고
상	0~20(%)	10(%)	어려운 문제
상중	21~40(%)	30(%)	조금 어려운 문제
중	41~60(%)	50(%)	보통
중하	61~80(%)	70(%)	쉬운 문제
하	81~100(%)	90(%)	아주 쉬운 문제

정답률은 시험출제후 총 시험인원수 대비 정답자수에 의해 계산되어진다[15].

$$\text{정답률}(\%) = \frac{\text{정답자수}}{\text{총 시험응시자수}}$$

알고리즘을 단순하게 하기 위해 정답률은 첫째자리에서 반올림한 값을 저장한다. 또한 시험횟수가 증가하게 되면 정답률도 달라지게 되는데 이때는(누적정답자수/누적총시험응시자수)로 하여 정답률의 신뢰성을 높이도록 한다.

3.3.2 문제검색

과목과 문제내용, 난이도에 따라 문제를 검색하는 기능을 제공한다. 검색 키워드중 하나를 선택하여 검색 결과창에 입력하면 검색결과에 해당하는 문제의 리스트가 출력이 되도록 구현하였다.

3.3.3 문제수정 및 문제삭제

문제등록자의 ID를 검사하여 등록자의 ID와 같지 않으면 수정이나 삭제가 되지 않도록 하였다. 문제의 등록자는 문제 테이블의 모든 내용에 대하여 수정이 가능하며, 수정을 하게 되면 문제등록일 필드는 문제의 등록일에서 수정일로 변경되어 문제테이블에 저장된다.

3.3.4 문제출제모듈

자동 문제출제 시스템은 다양한 방식의 문제출제 방식을 지원한다. 첫째는 교수 개별 선택 방식이고, 둘째는 자동 난이도 선택방식이다. 두 가지의 방법으로 출제할 문제들을 선택하면 출제문제 테이블에 출제할 문제들의 문제 및 보기와 정답이 저장되며 프로그램 메인 화면에 시험공고나 나가게 된다.

문제번호는 출제되는 문제의 문항수로 부여되는데 자동으로 1부터 시작하는 정수값이 입력 되도록 하였으며, 문제의 출제자는 여러 사람이 동시에 치르는 시험인 경우는 교수가 출제자가 되며, 학습자가 피드백 학습 후 자동 난이도 출제방식으로 시험을 출제할 수도 있는데 이 때에는 학습자가 출제자가 된다. 시험이 끝난 후에는 다음 시험을 위해 출제문제 테이블의 내용은 삭제되고, 다음 번에 다시 문제를 출제하게 되면 이 테이블의 내용이 갱신된다.

교수 개별 선택 방식은 교수가 문제리스트에서 문제를 보

고 한 문제씩 선택란을 클릭하여 선택하는 방식으로 문제를 직접 보고 선택함으로써 출제자의 의도가 가장 잘 반영되는 방식이라고 할 수 있다. 구현도 어렵지 않다.

반면 자동 난이도 출제 방식은 출제자가 교수일수도 있고 피드백 학습 후의 학습자일 수도 있다. 출제 방식은 과목 및 예상평균점수와 출제문제 수만 입력하면 시스템이 자동으로 문제를 출제하도록 하는 방식이다. 여기서 예상평균점수란 출제되는 문제들의 정답률의 평균이 예상평균점수가 되도록 한다는 것이다. 정답률별 출제문제수의 비율은 각각의 평균 점수별로 달리하는데 아래의 표준정규분포 방정식에 의하여 구하였다[11].

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

표준정규분포 방정식은 평균 μ 와 표준편차 σ 에 의해서 구해지고, 정규분포 $N(\mu, \sigma)$ 로 표시한다. 본 시스템은 평균(μ)을 50, 표준편차(σ)를 20으로 $z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ 에 의한 수표값으로 구하였다. 나머지 예상평균점수의 문제수 비율은 이에 근거하여 가감하였다. 아래 <표 3>은 예상평균점수에 따른 총출제문제수에 대한 정답률별 문제수의 비율을 나타내고 있는데 이는 표준정규분포 방정식에 의한다.

다음의 (그림 8)은 <표 3>에 의한 구현 알고리즘으로 입력폼으로부터 과목 및 예상평균점수와 출제문제수를 입력받으므로 가능하다.

<표 3> 예상평균점수에 따른 정답률별 문제수비율

어려운 문제 ←—————→ 쉬운 문제 (%)

정답률(%) 예상 평균점수	0~20	21~40	41~60	61~80	81~100
90 점			7	24	69
80 점		2	14	34	50
70 점		7	24	42	27
60 점	2	14	34	36	14
50 점	7	24	38	24	7
40 점	14	36	34	14	2
30 점	27	42	24	7	
20 점	50	34	14	2	
10 점	69	24	7		

```
char 과목
int 예상평균점수, 출제문제수
function chulje(문제수비율, 쿼리) ①
begin
for (i = 0; i <= 출제문제수 * 문제수비율; i++) ②
begin
난수 = round((double)microtime() * 쿼리결과 레코드수) ③
if(출제테이블레코드수 == '0') or (출제테이블문제번호 != '난수') ④
```

```

begin
  select 문제번호 from 문제테이블 where 문제번호 == '난수' ⑤
  insert into 출제테이블 ⑥
else
  continue ⑦
end if
end for
end function

if(과목 == '전체')
begin
  쿼리 = select×from 문제테이블 where 해당정답률
else
  쿼리 = select×from 문제테이블 where 해당정답률 and 해당과목
end if

switch (예상평균점수) ⑧
begin
case (90) :
  chulje (문제수비율, 쿼리)
  :
case (80) :
  chulje (문제수비율, 쿼리)
  :
case (70) :
  chulje (문제수비율, 쿼리)
  :
default :
  "잘못된 입력된 값입니다."
end switch

```

(그림 8) 자동 난이도 출제방식 알고리즘

위의 알고리즘을 분석하면 폼태그를 통해 입력받은 예상평균점수에 의해 ⑧과 같이 switch문을 돌린다. 여기서 <표 3>의 비율에 의해 정답률에 따른 문제수비율 및 질의문장을 ①의 chulje함수에 인자로 보낸다. chulje함수는 정답률에 따른 질의문의 결과레코드를 문제테이블에서 선택하여 출제테이블에 저장하는 함수이다.

②의 for문은 문제테이블로부터 출제테이블로 한 문제씩 문제를 삽입하는 알고리즘의 반복횟수를 정하는 것으로 출제문제수중 해당 정답률에 따른 문제수의 비율만큼 문제를 출제하게 된다(총출제문제수가 100문제이고 해당 정답률의 문제수 비율이 10%라면 for문의 루프는 10번 반복하게 된다). 문제테이블에서 출제할 문제의 선택을 위해 ③과 같이 난수를 발생한다. 이 난수는 ⑤의 질의의 결과 값을 가져올때 레코드의 번호로 사용된다.

④는 출제테이블에 출제된 문제가 없거나 만일 출제된 문제가 있다면 발생된 난수와 같은 번호의 문제가 있는지(같은 문제가 출제테이블에 있는지)를 검사하여 같은 난수가 없을 때는 ⑥과 같이 출제테이블에 레코드를 삽입하고, 만일 같은 문제가 있을 경우에는 ⑦과 같이 for문을 다시 반복한다.

요약하면 이 알고리즘은 과목 및 예상평균점수와 총출제문제수만을 입력받으면 자동으로 해당 질의를 선택하여 정답률

별로 문제를 출제하는 알고리즘이다.

3.3.5 채점 및 평가결과 모듈

학습자는 문제출제모듈에서 출제된 문제를 가지고 시험을 치르고, 시험이 끝나면 시스템은 자동으로 채점을 하여 그 결과를 웹 상으로 보여주고, 결과테이블에 저장한다. 결과테이블은 학습자별로 각각의 테이블을 만드는데 점수 및 석차 등의 정보가 저장된다.

또한 시험응시가 끝남과 동시에 문제테이블에 응시자수 필드의 값을 증가시키며, 자동채점 후 정답을 맞추게 되면 문제테이블의 정답자수 필드의 값도 증가시킨다. 이로써 총응시자수 대비 정답자수에 의해 결정되는 정답률이 재조정되는 것이다. (그림 9)에 이 알고리즘을 나타내었다.

이 알고리즘을 분석하면 다음과 같다. ①에서는 for루프는 출제테이블에 출제된 문제수만큼 반복한다. ②는 문제테이블의 정보를 갱신하고자 현재 출제된 출제테이블과 같은 문제번호를 가진 문제테이블의 문제들을 선택하는 질의문이다.

```

출제문제수 = select count(*) from 출제테이블

for ( 1 ; i < 출제문제수 ; I++ ) ①
begin
  select 응시자수, 정답자수, 정답률 from 문제테이블
  where 문제테이블문제번호 = 출제테이블문제번호 ②
  응시자수 += 1 ③

  if (응답 == 정답)
  begin
    정답자수 += 1 ④
  endif

  정답률 = round (정답자수 / 응시자수)×100 ⑥
  update 문제테이블 set 응시자수, 정답자수, 정답률
end for

```

(그림 9) 문제테이블의 응시자수 · 정답자수 · 정답률의 재조정 알고리즘

③에서 응시자수를 1 증가시키고, 학습자가 선택한 보기(응답)가 정답과 같으면 ④와 같이 정답자수를 1 증가시키고, 정답률을 재조정하고 문제테이블을 업데이트한다⑥. 만일 정답을 맞추지 못했다면 정답자수는 증가시키지 않고 응시자수와 정답률만이 재조정된다.

4. 구 현

본 연구의 시스템 구현은 최근 인기를 끌고 있는 컴퓨터그래픽스운용기능사 필기 시험을 모델로 하였다. 회원은 웹 브라우저를 통해 시스템에 접근한다. 회원인증 후에는 보이는 메뉴화면은 (그림 10)과 같다. 여기서는 회원의 종류에 따라 선택할 수 있는 메뉴를 한정시켜 학습자는 시험응시 · 평가결

과확인 및 재학습·누적결과보기·재평가 메뉴가 있으며, 교수는 문제 관리·문제 출제·학습 관리가 있으며, 회원변경 메뉴는 모두 선택 가능하다. 또한 관리자는 회원관리와 관리자급 문제 관리 메뉴에 접근 가능하다.

학습자 선택 메뉴	교수자 선택 메뉴	관리자 선택 메뉴
시험에 응시하세요 [시험 응시]	문제를 등록, 수정, 삭제하세요 [문제 관리]	회원의 정보를 변경하세요 [회원 관리]
시험결과 확인 및 재학습 하세요 [평가확인 및 재학습]	문제를 범위와 난이도에 맞춰 출제하세요 [문제 출제]	신뢰성 없는 문제를 삭제하세요 [문제 삭제] (관리자)
지금까지의 시험점수를 확인하세요 [누적결과 보기]	과목과 단원 및 학습 내용을 등록하세요 [학습 관리] (과목등록)	학습자(교수자)의 정보를 변경하세요 [회원 변경]
학습후 다시 시험보실래요? [재평가]		

(그림 10) 시스템 메뉴 화면

4.1 문제 관리

교수가 문제를 검색 및 등록, 수정, 삭제 할 수 있는 곳으로, (그림 11)은 교수가 메뉴화면에서 문제관리메뉴를 선택했을 때 나타나는 화면으로 한 페이지에 10개까지의 문제리스트를 볼 수 있다. 문제 검색은 과목, 문제내용, 난이도를 가지고 할 수 있으며, 선택란을 클릭하여 리스트상에서 다중선택을 할 수도 있다. 연필아이콘을 누르면 문제등록을 할 수 있으며, 수정 및 삭제는 문제를 등록한 교수만이 할 수 있도록 제한하였다.

출제문제수 : 54 (Total 54 문제) - [교수자 모두]	(1/1)
54 선연디자인일반 디자인일반 2차원 디자인에 해당하는 것은? 중 70-01-27	✓
53 컴퓨터 그래픽스 일반 사진을 편집하기 좋은 프로그램은? 상중 01-05-13	✓
52 컴퓨터 그래픽스 구성원리 컴퓨터 주변장치중 기억장치는? 중하 01-05-13	✓
51 컴퓨터 그래픽스 일반 윈도우 프레임 모델 방식이 나타난 시기는? 상 01-05-13	✓
50 컴퓨터 그래픽스 일반 1960년대 개발된 입력도구는? 중 01-05-13	✓
49 디자인 재료 지류 박인지에 속하지 않는 것은? 중 01-05-13	✓
48 디자인 재료 목재재료 파티클 보드의 원료는 무엇인가? 상중 01-05-13	✓
47 디자인 재료 목재재료 목재의 강도중 가장 큰 것은? 중 01-05-13	✓
46 색채 및 도법 제도일반 연결선의 강도가 가장 큰 것은? 중하 01-05-13	✓
45 색채 및 도법 제도일반 일반제도로서 치수 기입시에 길이의 단위로 옳은 것은? 하 01-05-13	✓

(그림 11) 문제 관리(문제 리스트) 화면

(그림 12)는 문제를 등록하는 화면이다. 문제는 사지선다형으로만 등록이 가능하다. 또한 문제의 신뢰성을 위해 난이도를 입력받도록 하였으며, 해설을 입력하여 학습자가 피드백

학습을 할 수 있도록 하였다.

과 목 : [디자인 재료]

단 원 : [복속재료]

문 제 내 용 (태그사용 불가) : 미질이 작은 순서대로 나열한 것은?

보 기 1 : [디자인 재료] - [복속재료] - [미질이 작은 순서대로 나열한 것은?]

보 기 2 : [디자인 재료] - [복속재료] - [미질이 작은 순서대로 나열한 것은?]

보 기 3 : [디자인 재료] - [복속재료] - [미질이 작은 순서대로 나열한 것은?]

보 기 4 : [디자인 재료] - [복속재료] - [미질이 작은 순서대로 나열한 것은?]

정 답 : 보기1 보기2 보기3 보기4

난 이 도 : 상 상중 중 중하 하

해 설 : [디자인 재료] - [복속재료] - [미질이 작은 순서대로 나열한 것은?]

난이도 : 8.90
 미질 : 4.54
 복속재료 : 2.699
 미그네용 : 1.74

문제등록 취소

(그림 12) 문제 등록 화면

4.2 자동난이도 출제

(그림 13)과 같이 문제를 출제할 과목 및 예상평균점수와 출제문제수 만을 입력하면 자동으로 문제 출제가 가능하도록 하는 방식으로 본 연구에서 가장 주안점을 둔 부분이다.

문 제 출 제 (자동난이도출제방식)

문제출제방식

교수자 개별 선택 방식

자동 난이도 출제방식

과 목 : 전체

전체

출제할 과목 선택

색채 및 도법

디자인 재료

컴퓨터 그래픽스

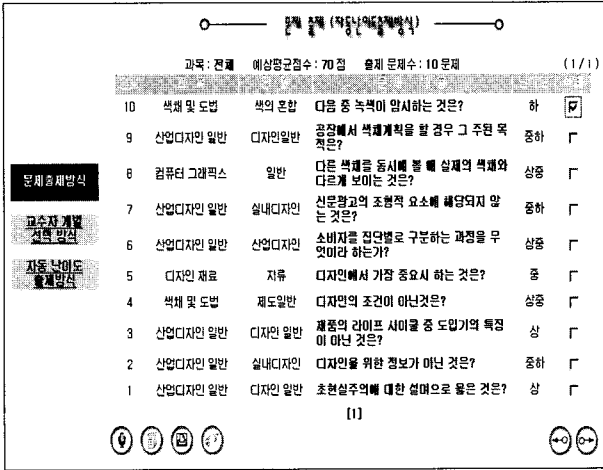
예상평균점수 : 70 점 (예상평균점수는 10~90점 사이로 10점 단위로 입력)

출제문제수 : 10 문제

문제출제 취소

(그림 13) 문제 출제 중 자동난이도 출제방식 화면

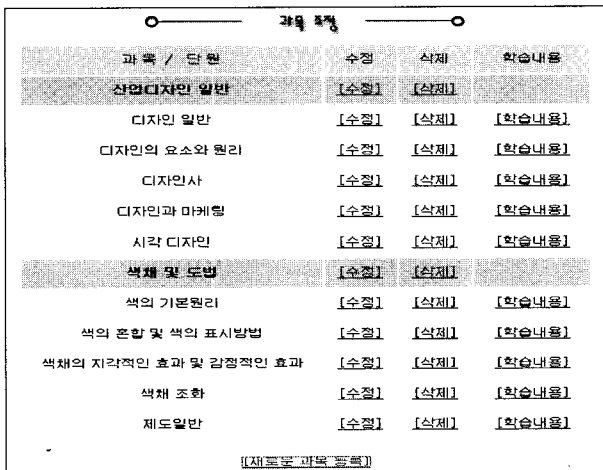
과목별로 출제하기를 원하면 해당 과목을 선택하고, 과목 구분 없이 출제하고 싶을 때에는 과목란에 전체를 선택하면 된다. 예상평균점수는 10점에서 90점 사이의 점수를 10점 단위로 입력해야 하며, 출제문제수도 10문제 단위로 입력해야만 하는 제한점이 있다. 문제출제 버튼을 누르면 (그림 14)와 같이 출제문제 리스트가 보여진다. 여기서 자동난이도 출제 방식으로 출제된 문제를 삭제하기가 가능하여 출제자가 출제를 원하지 않는 문제는 선택적으로 출제를 하지 않을 수 있게 된다. 이로써 문제출제자의 의도를 출제문제에 반영할 수 있게 되는 것이다.



(그림 14) 자동난이도출제방식으로 출제된 문제리스트 화면

4.3 과목 및 단원별 학습내용 등록

(그림 15)는 과목과 단원 및 그 단원에 해당하는 학습내용을 등록할 수 있는 부분이다. 아래의 [새로운 과목등록] 버튼을 누르면 과목명과 그 과목에 해당하는 단원명을 5개까지 입력할 수 있게 되어 있다. 수정과 삭제버튼으로 과목명과 단원명을 수정·삭제할 수 있으며, [학습 내용]을 누르면 해당 단원을 학습할 수 있는 학습자료를 입력할 수 있어서 나중에 학습자가 피드백으로 학습할 수 있도록 한다. 본 연구에서는 총 4개의 과목을 등록했으며, 해당 과목의 단원은 각각 5개까지 등록했다. 여기서 등록한 과목 및 단원은 문제를 등록할 때에도 이용되어 문제를 편리하게 등록할 수 있도록 도와준다.

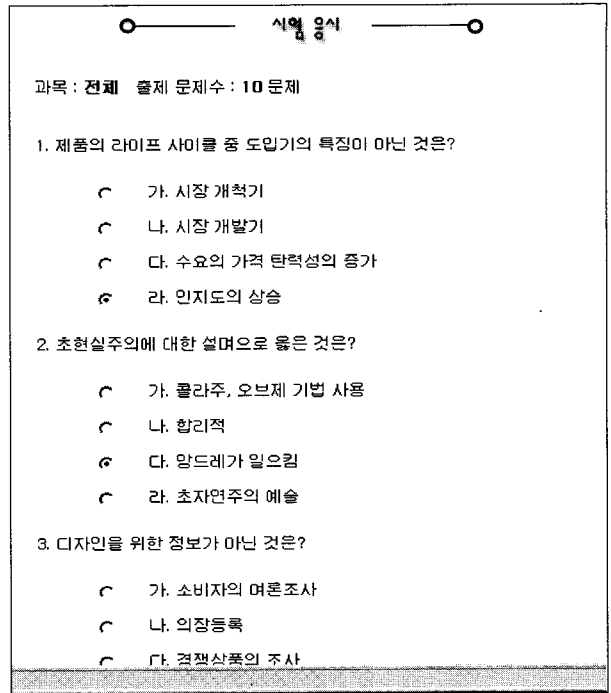


(그림 15) 과목 및 단원별 학습내용 등록 화면

4.4 시험 응시

(그림 16)은 학습자가 시험에 응시하는 부분으로 교수자가 출제한 문제들이 보여지고 학습자는 문제를 풀 수 있도록 하는 부분이다. 각 문제와 문제에 따른 보기가 나오며 이는 라디오버튼으로 구성하였다. 마지막으로 [시험 응시] 버튼을 클

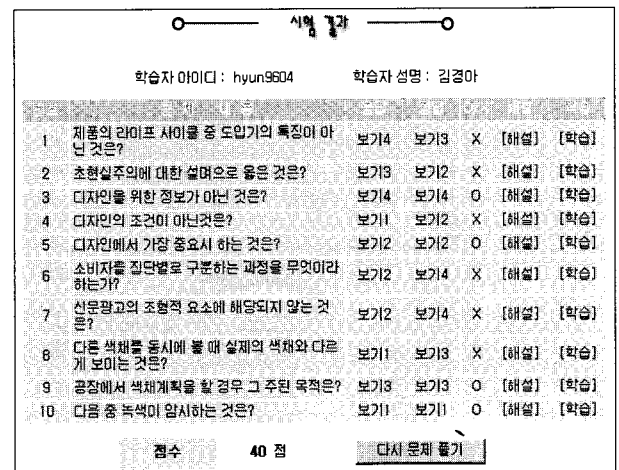
릭하면 (그림 17) 화면이 보여 학습자가 자신의 시험결과를 즉시 확인할 수 있다.



(그림 16) 시험 응시 화면

4.5 평가확인 및 재학습 화면

(그림 17)은 학습자가 시험응시메뉴에서 시험을 치르고 난 후 [시험 응시]버튼을 클릭하거나 평가확인 및 재학습메뉴를 선택하면 보여지는 화면이다.



(그림 17) 평가확인 및 재학습 선택 화면

위의 화면에서 학습자는 시험을 치고 난 문제들의 리스트를 보고 자신이 틀린 문제가 어떤 문제인지 알 수 있으며, 점수도 확인할 수 있다. 또한 틀린 문제를 재학습하기 위해서

[해설]이나 [학습]을 클릭하게 되면 해당 문제의 해설이나 단원의 학습을 할 수 있게 지원한다. 이러한 피드백 학습 후 학습자는 선택적으로 다시 문제 풀기 버튼을 클릭함으로 자신이 난이도를 선택하여 제시함에 응할 수 있는데, 이는 (그림 14)의 자동난이도 출제방식의 화면과 같다.

5. 결론 및 향후 연구

인터넷의 이용자가 많아지면서 인간생활에는 많은 변화가 오게 되었다. 교육분야도 예외는 아니어서 각종 자료수집에서부터 이미지나 동영상으로된 자료등의 다양한 정보를 인터넷을 통해 이용하고 있으며 나아가 학교라는 고정된 공간을 벗어난 원격강의가 활발히 진행되고 있고 실시간으로 평가도 할 수 있게 되었다. 이러한 발전에도 불구하고 웹을 기반으로 문제를 출제하고 관리하며 학습자의 피드백 학습을 지원하는 통합 시스템에 관한 연구는 부족한 실정이다.

본 논문은 기존의 수동으로 문제를 출제하는 방식에서 오는 문제관리의 불편을 제거하고 시간적인 낭비를 최소화하였고, 출제자가 마크업 언어를 모르더라도 웹 상에서 문제를 등록하고 출제하기 쉽게 구현하였다. 또한 학습자의 입장에서는 시간과 장소의 구애받지 않고 학습과 평가를 할 수 있으므로 학습에 편리성을 가져올 수 있었다.

또한 난이도에 기초하여 문제를 출제하고 관리하므로 문제의 신뢰성을 높였으며, 고정된 문제를 가지고 평가하는 것이 아니라 수많은 문제들을 가지고 무작위 형식으로 출제하는 것이므로 학습자는 다양한 문제에 접할 수 있게 되었다.

자동채점을 지원하므로 학습결과를 빠르게 확인할 수 있으며 학습자는 원하는 시간에 피드백 학습을 할 수 있고 나아가 학습자가 난이도를 조정하여 문제를 선택하고 재평가에 응할 수 있도록 하여 학습의 성취도를 높일 수 있으리라 기대된다.

향후 난이도 초기치 부여의 객관성을 입증하는 이론적 근거를 마련하는 작업이 필요하다. 나아가 문제에 이미지나 동영상과 파일을 삽입한다거나, 문제의 유형을 객관식 형식뿐만 아니라 단답식이나 주관식 등 다양하게 지원하는 시스템의 개발이 이루어져야겠다. 학습자의 입장에서는 성취도에 따른 평가를 단순 저장하는 것 외에도 학습평가를 통해 학습의 문제점과 학습방향을 진단할 수 있는 전문가 시스템의 도입이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] 권기태, 김홍식, "멀티미디어 저작도구와 데이터베이스를 이용한 웹 기반 형성평가 방안에 관한 연구", 한국컴퓨터교육학회 논문지, 제2권 제4호, 1999.
 [2] 김귀영, 김성아, 이상규, 박인우, 조현경, 정태섭, "컴퓨터그래픽스운용기능사(필기)", 크라운출판사, 2000.

[3] 김명렬, 이영현, 박종오, 전도홍, 송기상, "원격연수 평가를 위한 설문분석 시스템의 설계 및 구현", 한국컴퓨터교육학회논문지, 제3권 제2호, 1999.
 [4] 김상호, 김호진, 이성진, "교육평가 핸드북", 교육과학사, 1989.
 [5] 김순원, "웹을 기반으로 한 형성평가 자동화 시스템 설계 및 구현", 홍익대학교 교육대학원 석사학위논문, 2000.
 [6] 김철봉, 박한희, "리눅스네트워크", 베스트북, 2000.
 [7] 나일주, "웹기반 교육", 교육과학사, 1999.
 [8] 박도순, 홍후조, "교육과정과 교육평가", 문음사, 1999.
 [9] 박미라, "웹기반 원격교육 및 시험 시스템의 설계 및 구현", 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문, 1997.
 [10] 박태영, "시험문제 제작 시스템의 설계 및 구현", 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문, 1998.
 [11] 신민웅, "알기 쉬운 통계학", 생능출판사, 1995.
 [12] 엄성용, "PHP 30일 완성", 영진출판사, 2001.
 [13] 이상철, "웹기반 학습평가시스템의 설계 및 구현", 경남대학교 교육대학원 석사학위논문, 2000.
 [14] 이승혁, "PHP웹프로그래밍 가이드", 마이트프레스, 2000.
 [15] 이혜영, 전병호, "문항난이도 기반 개별적 자기 주도 학업성취도 평가 방안", 한국컴퓨터교육학회논문지, 제2권 제4호, 1999.
 [16] 임희숙, "웹기반 지능형 문제은행 시스템 설계 및 구현", 전남대학교 대학원 석사학위논문, 2000.
 [17] 장훈, "웹기반 교육에서의 대화형 시험 관리 시스템", 경상대학교 대학원 석사학위논문, 1999.
 [18] 조경산, "UNIX완성", 이한출판사, 1998.
 [19] 허정수, "MySQL Web DB 연동", 베스트북, 2000.



김 경 아

e-mail : hyun9603@hanmail.net
 1992년~1994년 (주)한국제일제약 전산실
 1994년~1995년 한국마이크로소프트 고객지원부
 1995년~1996년 KOTC
 1998년~2000년 국회
 2000년~2000년 이오정보통신(주) (리눅스 서버/홈페이지 관리)

2001년 동국대학교 교육대학원 컴퓨터교육(석사)
 2001년~현재 중앙대학교 전산원, 호서전산전문학교 쌍용정보교육센터 강사



최 은 만

e-mail : emchoi@dgu.ac.kr
 1982년 동국대학교 전산학과(학사)
 1985년 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
 1993년 일리노이 공대 전산학과(공학박사)
 1985년~1988년 한국표준연구소 연구원
 1988년~1989년 데이콤 주임연구원

1993년~현재 동국대학교 컴퓨터공학과 부교수
 2000년~2001년 콜로라도 주립대 전산학과 방문교수