

# 웹기반 학습 시스템의 평가 문제에 대한 출제 방법 및 난이도 재조정에 대한 연구

김 은 정<sup>†</sup>

## 요 약

웹 기반의 원격 교육에서 평가를 위해 출제되는 문제들은 주로 고정 출제나 무작위 출제 방식 또는 난이도에 따른 자동 출제 방식을 이용하고 있다. 이 중에서 난이도에 따른 자동 출제 방식은 해당 문제의 초기 난이도 부여에 대한 객관성과 주어진 난이도를 이용한 보다 효율적인 문제의 출제 그리고 출제된 문제들에 대한 학습자들의 평가 결과로서 해당 문제들의 난이도를 재조정하는 것이 문제의 핵심이라 할 수 있다. 본 논문에서는 웹 기반의 학습 시스템에서 평가를 위한 자동 출제 방식을 이용함에 있어서 첫째, 난이도뿐만 아니라 학습 범위를 함께 고려한 새로운 난이도별\_영역별 문제 출제 알고리즘을 제시하고 둘째, 평가 결과를 바탕으로 해당 문제들의 난이도를 다시 조정하는데 있어서는 학습자들의 학습 능력을 고려한 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제시한다. 제시된 알고리즘을 구축된 웹기반 학습 시스템에서 기존 알고리즘과 비교 분석해 본 결과 보다 효율적임을 확인할 수 있었다.

키워드 : 웹기반교육, 문제출제, 교육평가시스템

## A Study on Selection Method and Mediateness Degree of Difficulty of Examination Questions in Web-based Education System

Eun-Jung Kim<sup>†</sup>

### 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 the first degree of difficulty for questions and an effective questions selection using degree of difficulty and mediateness degree of difficulty based result of examination. This paper is use automatically selection methods for examination on web-based education system. Firstly, we present new question selection algorithms as regards degree of difficulty and distribution between all units. Secondly, 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 : Web Based Education, Question Selection, Education Examination System

### 1. 서 론

WBI(Web based Instruction)형태의 웹 기반 학습 시스템은 온라인상에서 언제든지 학습자들을 학습시킬 수 있는 유용한 방법으로 알려지면서 교육 분야에 많은 변화를 가져왔다. CAI(Computer Aided Instruction)형태인 오프라인 학습 방법에서 벗어나 가상의 공간에서 교수자와 학습자가 상호 작용으로 교수 학습할 수 있는 방법으로서, 교수는 웹상에서 학습 내용을 입력하고 평가를 위한 문제 출제를 한다. 그리고 학습자도 웹을 통해 학습을 하고 자신의 학습 능력

을 평가하기 위해 웹 상에서 주어지는 문제를 풀고 결과를 바로 확인함으로써 부족한 부분의 재학습이 이루어진다. 기존의 오프라인 학습 형태에서는 교수가 직접 학습자를 대상으로 학습을 함으로써 학습자의 학습 능력을 여러가지 방법으로 테스트할 수 있었다. 그 결과 다음 학습 진행 방향 및 학습의 깊이를 조정하고 그에 맞는 평가를 진행할 수 있었다. 또한 학습자들도 자신의 학습 능력을 스스로 판단하기보다는 교수자들의 평가에 대한 결과로서 자신의 학습 능력을 판단하였다. 그러나 웹상에서 이루어지는 온라인 학습 방법의 경우에는 학습자들이 주어진 학습 내용을 스스로 학습하고 주어진 문제를 스스로 풀어봄으로써 자신의 학업 성취도를 스스로 진단한다. 따라서 온라인상에서의 학습은 학

<sup>†</sup> 정 회 원 : 부산외국어대학교 교양연계학부 초빙교수  
논문접수 : 2004년 8월 28일, 심사완료 : 2005년 3월 23일

습자 스스로 올바른 진단을 함으로써 다음의 학습 진도 및 방향을 스스로 판단해야 하기 때문에 평가 방법 및 평가 문제가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

일반적으로 웹기반 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[1-6, 8-13]. 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 재조정 함으로 인한 출제 문제의 신뢰성이 아주 중요한 문제이다.

본 논문에서는 웹 기반의 학습 시스템에서 보다 효율적인 학업 성취도 평가를 위해서 난이도뿐만 아니라 학습 범위도 함께 고려한 새로운 문제 출제 알고리즘을 제시하고 출제된 문제의 평가 결과로서 문제의 난이도를 재조정함에 있어서 학습자의 학습 능력을 고려한 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제시한다. 문제 출제 알고리즘은 기사 시험과 같은 특정 학습 시스템에서는 기존의 출제 방식에 비해 보다 효율적인 평가 방법을 제공할 수 있고, 난이도 재조정 알고리즘은 학습자의 학습 능력을 고려하기 때문에 전체 시험응시자 수 대비 정답자수만을 고려하여 난이도를 재조정하는 기존 알고리즘에서의 문제점을 보완할 수 있다.

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

## 2. 관련 연구 및 설계 방향

웹 상에서의 가상 학습이 활발해짐에 따라 웹 기반 교육

에서의 평가 방법에 관한 많은 연구 중에 먼저 문제 은행 방식을 이용한 무작위 문제 출제에 관한 관련 연구를 살펴 보면, [5]에서는 학습자의 학습 진행 상태 및 학업 성취도에 따라 각 수준별로 제시된 문제를 풀게 한다. 각 수준별 문제는 학습의 진행 상태에서 무작위로 출제되는 문제들을 풀고 다음 단계로 넘어가는 것이다. 이는 문제의 수준에 대한 평가가 출제자의 임의의 판단 기준에 의한 것이므로 객관적인 근거가 없고 각 단계별 수준에 대한 신뢰성이 떨어진다.

[6]에서는 난이도에 따른 자동 문제 출제를 한다. 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. 여기서 예상평균점수에 따른 정답률별 문제수 비율을 표준정규분포 방식에 의해 구하였다. 그러나 이러한 방법은 등록된 문제의 난이도만을 고려하여 해당 비율의 문제들이 출제되기 때문에 난이도의 객관성이 입증되었다 하더라도 문제가 특정 영역에 편중되어 출제될 수 있기 때문에 학습 범위에 대한 문제 영역의 전반적인 평균 출제는 이루어지지 않는다.

다음으로 출제된 문제들의 평가 결과를 기반으로 각 문제의 난이도를 재조정하는 관련 연구를 보면, [6]에서는 총시험 응시자수 대비 정답자수로서 정답률을 계산하여 이러한 정답률을 기반으로 난이도를 재조정한다. 또한 시험 횟수가 증가하게 되면 누적총시험응시자수 대비 누적정답자수로서 정답률의 신뢰성을 높이도록 한다. 이와 같이 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 논문의 설계방향은 웹 기반의 학습 시스템을 설계함에 있어 두가지 관점에 초점을 맞추고자 한다. 먼저, 문제 은행 방식을 이용한 자동 문제 출제를 할 때 난이도 뿐만 아니라 학습 범위 전체의 분포를 함께 고려하여 문제를 출제한다. 이는 기사 시험을 대비하는 온라인 학습 시스템의 경우에는 아주 유용한 방법이라 할 수 있다. 일반적으로 기사 시험의 경우 평균 점수 60점 정도 난이도의 문제를 전체 단원에서 골고루 출제한다. 따라서 이러한 학습 시스템의 경우에는 난이도만을 고려하여 평가 문제를 출제하다보면, 특정 단원에서 문제가 집중되거나 아예 출제되지 않는 단원도 나올 수 있다. 이에 제시하는 알고리즘에서는 전체 평균점수에 맞는 난이도의 문제를 출제함에 있어서 전체 단원에서 고른 분포를 가지도록 출제한다.

다음으로 난이도 재조정을 함에 있어 전체 시험 응시자수 대비 정답자수로서 계산되어지는 정답률 뿐만 아니라 시험 응시자의 학습 능력을 함께 고려하여 문제의 난이도를 재조

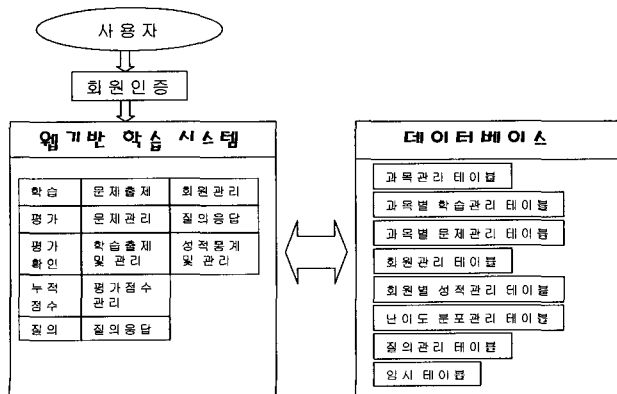
정한다. 이는 시험을 치른 개인이나 집단의 평균 점수에 따라 해당 문제의 쉬운 정도와 어려운 정도를 달리 측정한다. 즉 전체적으로 평점이 높은 집단에 비해 전체적으로 평점이 낮은 집단의 응시자들이 맞춘 문제는 상대적으로 난이도가 더 낮게 측정되어진다. 또한 전체적으로 평점이 낮은 집단에 비해 평점이 높은 집단에서 틀린 문제는 상대적으로 난이도가 더 높게 측정되어진다. 따라서 이 방법은 정답률만으로 재조정이 이루어지는 기존 알고리즘에 비해 출제 문제의 신뢰성을 높이는 데 보다 효율적이다.

### 3. 웹 기반의 학습 시스템 설계

#### 3.1 전체 시스템의 설계 및 데이터베이스 구조

이전의 연구[10]에서 기사 시험을 위한 웹기반 학습 시스템을 설계한 바 있다. 시스템의 전체적인 구조는 (그림 1)과 같다. 사용자는 학습자, 교수자, 관리자로서 회원 가입을 해야하며, 해당 모드로서 로그인을 해야 한다. 학습자는 학습자 모드로만 시스템을 사용할 수 있다. 학습자 모드에서는 온라인상에서의 학습과 그리고 평가를 할 수 있으며, 평가 결과를 바로 확인할 수 있다. 그리고 자신의 누적점수를 확인함으로써 스스로의 학업 성취도를 알아볼 수 있다. 또한 교수자나 관리자에게 질의를 통한 피드백 학습이 가능하다. 교수자는 교수자 모드로 시스템을 사용할 수 있다. 교수자 모드에서는 학습 내용을 입력하고 문제를 출제한다. 그리고 입력된 학습 내용과 출제 문제에 대한 수정과 삭제, 삽입 등 전반적인 관리를 할 수 있다. 또한 학습자의 인원 수 및 평가 결과를 조회 및 관리할 수 있으며 학습자 질의에 대한 응답을 할 수 있다. 관리자는 관리자 모드로써 시스템을 사용하며 회원관리 및 질의에 대한 응답을 할 수 있다. 그리고 성적 통계 및 시스템에 대한 전반적인 관리를 한다.

온라인 학습 시스템에서 사용하는 데이터베이스는 전체 7개의 테이블로 구성되어 있다. 이 중에서 [과목관리테이블]은 온라인 시스템에서 학습 및 문제 출제를 제공하는 과목에 대한 정보를 관리한다. [과목별학습관리테이블]은 각 과목별로 학습 내용을 관리한다. [과목별문제관리테이블]은 각



(그림 1) 웹기반 학습시스템의 전체적인 구조

<표 1> '과목관리' 테이블의 구조

필드명	데이터형식	
기사종류	char	기술자격시험의 종류
과목명	char	해당 과목명
단원수	int	전체 단원 수
기타	string	주석

<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	정답 표기(예 : 보기3)
난이도	char	초기치 '중'
난이도비율	int	초기치는 50(백분율로 표기)
문제등록일	date	최초 문제 등록일
최근난이도	date	가장 최근의 난이도 조정일

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. [질의관리테이블]은 회원들간의 질의 및 응답에 대한 정보를 관리한다. [임시테이블]은 학습자들에게 학습 내용 보여주거나 문제 출제등을 할 때 임시로 사용한다. 본 논문에서는 문제 출제 및 난이도 재조정에 초점을 맞추고자 하므로 시험 문제와 관련이 있는 [과목관리테이블]과 [과목별문제관리테이블]에 대한 구조만을 다루고자 한다. 각 테이블의 구조는 <표 1>, <표 2>와 같다.

[과목관리테이블]의 '기사종류'에는 국가기술 자격 시험의 종류를 입력하고, '과목명'에 해당 시험의 과목명 그리고 '단원수'에는 해당 과목이 전체 몇 단원으로 구성되어 있는지를 입력한다. [과목별문제관리테이블]의 '단원'에는 해당 문제가 과목의 몇 단원에 해당하는 문제인지를 입력한다. 이때 [과목관리테이블]에 등록되어져 있는 해당 과목의 '단원수' 범위를 초과할 수 없다. '문제'와 4개의 '보기'필드에는 각각 문제와 보기를 입력한다. '정답'에는 4개의 보기중에서 정답이 몇번인지를 기록한다(예를 들면, '보기3'). '난이도'는 해당 문제가 어느 정도의 난이도에 해당하는지를 관리한다.

본 시스템에서는 문제의 난이도를 '상', '상중', '중', '중하', '하'로 구분하여 관리한다. 각 난이도는 정답률과 오답률에 기초하여 난이도비율로 관리된다. 난이도별 난이도비율은 <표 3>과 같다. 초기 문제를 등록할 때에 교수자가 문제에 초기 난이도를 부여함에 있어서의 객관성 문제를 해결하기 위해서 본 알고리즘에서는 문제를 출제할 때 초기 난이도는

<표 3> 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

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. 이 부분에 대한 설명은 3.3에서 자세하게 설명한다. '문제등록일'은 최초 해당 문제를 입력한 날짜를 기록한다. '최근난이도조정일'은 난이도가 조정될 때마다 해당하는 날짜를 기록한다. 이에 가장 최근의 난이도 조정일이 관리된다.

3.2 난이도별\_영역별 문제 출제

제시하는 시스템에서는 문제 출제에 있어 기사 시험과 같은 특정 시험 제도에 초점을 두었다. 기사 시험은 일반적으로 각 과목 40점 이상, 전체 평균 60점 이상 취득시 합격이다. 이는 대체적으로 한 과목에서 40점 이상의 성적이 나올 수 있는 난이도의 문제를 출제한다고 볼 수 있다. 또한 난이도뿐만 아니라 특정 단원에서 집중적으로 출제되기보다는 전체 단원에서 골고루 출제된다. 따라서 이러한 특성을 갖는 학습 시스템의 경우에는 평가 방법이나 평가 문제도 해당 특성에 맞는 알고리즘이어야 한다. 이에 제시하는 알고리즘에서는 평가를 위한 자동 문제 출제에 있어서 이러한 기사 시험과 같은 특정 학습 시스템의 특징을 고려한 난이도별\_영역별 문제를 출제한다.

첫째, 난이도별 출제 방법이다. 문제의 난이도는 '상', '상중', '중', '중하', '하'로 구분한다. 문제에 대한 난이도는 <표 3>의 학습자들의 평가 결과에 따른 정답률과 오답률로써 난이도비율을 계산하여 부여된다. 이 정답률과 오답률은 학습자들이 평가를 할 때마다 평가 결과에 따라 재 계산된다. 따라서 문제의 난이도 비율도 역시 재조정된다. 학습자들의 평가 결과에 따른 정답률과 오답률의 계산 방법은 3.3에서 설명한다.

난이도 '상'은 난이도비율이 20%이하인 경우이며 아주 어려운 문제에 해당한다. 난이도 '상중'은 난이도 비율이 21~40% 사이인 경우에 해당하며 비교적 어려운 문제로 분류한다. 난이도 '중'은 난이도 비율이 41~60% 사이인 경우에 해당하며 어렵지도 쉽지도 않은 보통에 해당하는 문제로 분류하고, 난이도 '중하'는 난이도 비율이 61~80% 사이인 경우에 해당하며 비교적 쉬운 문제로 분류한다. 그리고 난이도 '하'는 난이도 비율이 81%이상인 경우로 아주 쉬운 문제로 분류한다. 평균 점수에 대한 난이도별 출제 문제수 비율은 [6]에서 제시한 예상평균점수에 따른 정답률별 문제수 비율

<표 4> [6]의 예상평균점수에 따른 문제수비율(%)

난이도 점수	상 (0~20)	상중 (21~40)	중 (41~60)	중하 (61~80)	하 (81~100)
90점			7	24	69
80점		2	14	34	50
70점		7	24	42	27
60점	2	14	34	36	14
50점	7	24	38	24	7
40점	14	36	34	14	2
30점	27	42	24	7	
20점	50	34	14	2	
10점	69	24	7		

<표 5> 난이도별 문제수비율

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

을 근거로 한다. 여기서 예상평균점수란 출제되는 문제들의 정답률의 평균이 예상평균점수가 되도록 한다는 것이다. [6]의 난이도별 자동 문제 출제 알고리즘에서는 표준정규분포 방식[7]에 의해 예상 평균점수에 따른 정답률별 문제수 비율을 구하였다. [6]에서 구한 예상평균점수에 따른 정답률별 출제 문제수 비율을 요약하면 <표 4>와 같다. 이를 근거로 여기서는 기사 시험의 특징을 고려하여 과목당 평점 40점과 전체 평점 60점의 중간인 평점 50점에 맞춘 난이도별 출제를 한다. 따라서 여기서 제시하는 예상평균점수 50점에 맞춘 난이도별 문제수 비율은 <표 5>와 같다. 즉 평균점수 50점에 맞추어 난이도가 '상'인 문제는 전체 7%, '상중'은 전체 24%, '중'은 전체 38%, '중하'는 전체 24%, '하'는 전체 7%의 비율에 따라 출제한다. 이에 전체 20문제를 출제함에 있어 '상' 1문제, '상중' 5문제, '중' 8문제, '중하' 5문제, '하' 1문제로 출제한다.

둘째, 영역별 출제 방법이다. 제시하는 알고리즘에서는 문제 출제시 어느 한 단원에 집중되지 않고 첫번째 단원에서 마지막 단원까지 전체적으로 골고루 출제한다. 따라서 해당 과목의 전체 단원 수를 고려하여 영역별 출제 문제 수 비율을 정한다. 현재 시행되고 있는 기사 시험의 과목들을 조사해 본 결과 일반적으로 모든 과목들의 전체 단원 수가 4장에서 6장 정도로 이루어져 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 모든 과목을 전체 단원 수 4장에서 6장 사이로 가정하고 학습 내용 및 문제 입력시 이에 한정하여 입력한다. 그리고 영역별 출제 문제수 비율을 <표 6>과 같이 정한다. 전체 단원 수가 4장까지 있는 과목의 경우에 각 단원마다 5문제씩 출제하고, 5장까지 있는 과목은 4문제씩, 그리고 6장까지 있는 과목은 각 단원마다 3문제씩 그리고 2문제는 임의의 단원에서 출제한다. 알고리즘은 (그림 2)와 같다.

<표 6> 전체 단원수별 문제수비율

문제수 전체단원	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)

```
function 문제출제(전체단원수)
난이도별출제문제수(5)= 0
단원별출제문제수(전체단원수) = 0
단원별출제개수 = 전체단원수에 따른 단원별 개수

총출제문제수 = 0
char 과목명
do while(총출제문제수 <= 20)
출제단원 = 단원별난이도분포조사() ①
레코드셋 = select from 과목테이블 where 출제단원 ②
count = 0
do while(count < 단원별출제개수)
do while(0) ③
난수(레코드번호) = int((total_count-1 + 1)*rnd()+1)
if 출제가가능한난이도인가 ④
exit()
end if
loop
해당 레코드 문제를 학습자시험 데이터베이스에 출제
난이도별출제문제수 배열의 해당 인덱스에 1증가
count = count + 1
총출제문제수 = 총출제문제수 + 1
loop
출제한 단원의 문제수를 단원별출제문제수 배열에 저장
loop
end function
```

(그림 2) 자동 난이도별\_영역별 문제출제 알고리즘

알고리즘을 분석해 보면 먼저, 출제하는 과목이 전체 몇 단원으로 구성되어 있는지에 대한 전체단원수를 인수로 받는다. 각 단원별 출제 문제수와 난이도별 출제 문제수를 정하고 단원위주로 문제 출제를 시작한다. ①에서 [난이도분포관리테이블]에서 해당 과목의 난이도 분포를 조사하여 난이도 분포가 가장 고르지 못한 단원부터 선택한다. 이는 특정 난이도가 존재하지 않는다거나, 특정 난이도에 너무 편중되어 있는 경우의 단원을 먼저 선택함으로써 인해서 난수 발생 부분에서의 deadlock을 해결할 수 있다. ②에서 선택한 단원에 해당하는 레코드셋을 구성한다. 그리고 구성된 레코드셋에서 출제 가능한 개수만큼의 문제를 출제한다. ③에서 난수 발생을 이용한 출제 가능한 레코드번호를 선택한다. ④에서 선택한 레코드번호에 있는 문제의 난이도가 출제가 가능한지 즉, 난이도별출제문제수 배열을 체크하여 이미 해당 난이도의 문제는 출제 개수를 초과했는지를 검사한다. 출제 가능하면 출제하고, 그렇지 않으면 다른 레코드 번호를 선택한다.

3.3 학습 능력을 고려한 난이도 재조정

제시하는 시스템에서는 출제 문제의 난이도 부여를 <표 3>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 단제로 시험에 응시할 수 있다. 이는 실제 기사 시험을 대비하여 정해진 시간내에 주어진 문제를 특정 집단의 학생들이 같이 응시해 보는 모의 시험이다. 본 논문에서는 이러한 두 가지 형태의 평가 결과로서 출제 문제의 난이도를 재조정함에 있어 학생 개인이나 집단의 학습 능력을 함께 고려한다. 즉 평가 결과에 따른 시험 응시자수 대비 정답자수의 계산과 함께 개인별 학습 능력과 전체 집단의 학습 능력을 함께 고려하여 정답률과 오답률을 계산한다.

3.3.1 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 추정되어야 한다. 개인별 학습자의 학습 능력은 평가에 따른 평균 점수로서 측정할 수 있다. 따라서 개인별 평가에 있어 모든 문제는 학습자의 평균점수로서 정답률과 오답률을 계산하여 다음과 같이 난이도 비율을 재조정한다.

$$\text{난이도비율}(\%) = c\_different\_rate + correct\_rate$$

$$correct\_rate(\%) = \frac{1}{\frac{p - average}{100} * 10}$$

$$\text{난이도비율}(\%) = c\_different\_rate - error\_rate$$

$$error\_rate(\%) = (c\_different\_rate * \frac{p - average}{100})$$

c\_different\_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 평균 점수가 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.

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

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

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

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

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

### 3.3.2 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 평가되어야 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 점수로서 정답률을 계산하여 난이도 비율을 조정하고, 해당 문제를 틀린 응시자수가 많을 경우에는 전체 응시자수 대비 오답자 수와 집단의 평균 점수로서 오답률을 계산하여 다음과 같이 난이도

비율을 재조정한다.

$$\text{난이도비율}(\%) = c\_different\_rate + correct\_rate$$

$$correct\_rate = \frac{correct\_cnt}{total\_cnt} * \frac{10}{group\_average}$$

$$\text{난이도비율}(\%) = c\_different\_rate - error\_rate$$

$$error\_rate = \frac{error\_cnt}{total\_cnt} * \frac{10}{group\_average}$$

c\_different\_rate : 현재의 난이도비율,  
 correct\_rate : 정답률, error\_rate : 오답률  
 correct<sub>cnt</sub> : 정답자수, error<sub>cnt</sub> : 오답자수  
 total<sub>cnt</sub> : 총응시자수, group<sub>average</sub> : 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.

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

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

틀린 사람이 더 많은 문제에 대해서는 오답률로서 난이도 비율을 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.

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

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

위에서 설명한 개인 또는 집단의 모의 평가에 따른 난이도 재조정에 대한 알고리즘은 (그림 3)과 같다. 알고리즘을 분석해 보면 ①은 개인별 평가 후 각 문제에 대한 난이도를 조정한다. 전체 20문제에 대해서 루프를 돌면서(②) 각각의 현재난이도 비율과 개인의 평균점수를 인수로 받아(③) 정

```

Function p_exam_diff_change() ①
int count = 1
do while(count <= 20) ②
    rs.move count
    p_난이도조정(평점, 현재난이도비율)
    count = count + 1
loop
End function

Function p_난이도조정(평점, 현재난이도비율) ③
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() ④
int count = 1
do while(count <= 20) ⑤
    rs.move count
    g_난이도조정(전체인원수, 정답자수, 오답자수, 전체평점)
    count = count + 1
loop
End function

Function g_난이도조정(전체인원수,정답자수,오답자수,전체평점) ⑥
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 3) 개인별\_그룹별 난이도 재조정 알고리즘

답률과 오답률을 계산하여 문제의 난이도비율을 다시 계산하여 난이도를 재조정한다. 이때 해당 문제가 맞은 경우에는 정답률을 계산하고 틀린 경우에는 오답률을 계산한다. 그리고 ④은 그룹별 평가 후 각 문제에 대한 난이도를 조정한다. 전체 20문제에 대해서 루프를 돌면서(⑤) 전체 인원수, 현 문제에 대한 정답자수와 오답자수, 그리고 전체그룹의 평균점수를 인수로 받아(⑥) 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.

#### 4. 실험 결과 및 분석

이전의 연구[10]에서 설계한 웹 기반 기사시험 학습 시스템을 구현하여 현재 기사 시험을 준비하는 학습자들을 대상

으로 온라인 개인별 평가와 그룹별 평가 부분을 시행하고 있다. 여기서는 현재 일부 운영중인 웹 기반 학습 시스템에서 기존의 알고리즘과 본 논문에서 제시하는 알고리즘을 각각 실험하여 그 결과를 비교 분석하였다. 분석을 위하여 문제 출제 알고리즘과 난이도 재조정 알고리즘을 각각 실험하였다.

##### 4.1 문제 출제 알고리즘의 비교 분석

난이도만을 고려한 기존의 알고리즘[6]과 본 논문에서 제시한 난이도별\_영역별 알고리즘을 비교 분석을 위해 사무자동화산업기사 필기 시험을 모델로 하였다[14, 15]. 과목은 '사무자동화 시스템', '사무경영관리개론', '프로그래밍일반', '정보통신개론' 4과목으로 이루어져 있으며 구현된 시스템의 과목별문제관리 테이블에는 '사무자동화 시스템'과 '사무경영관리개론' 과목은 전체 단원이 4장으로 구성되어 있고, '프로그래밍일반'과 '정보통신개론' 과목은 전체 단원이 6장으로 구성되어 있다. 여기서 기존 문제 출제 알고리즘[6]과 본 논문의 문제 출제 알고리즘을 각각 이용하여 모의시험을 위한 자동 문제 출제를 하였다. 출제 횟수는 5번으로 한정하였고, 매 출제 때마다 출제된 20개의 문제들에 대한 단원의 분포도 및 난이도의 분포도를 비교하였다. 결과는 <표 7>, <표 8>과 같다. 알고리즘 A는 [6]의 난이도별 자동 출제 알고리즘이고, 알고리즘 B는 난이도별\_영역별 자동 출제 알고리즘이다. 알고리즘 A는 예상 평균 점수를 10점에서 90점까지 다양하게 입력할 수 있지만 여기서는 제시하는 알고리즘과의 비교 분석을 위하여 예상 평균 점수 50점에 맞춘 난이도만을 적용하여 실행하였다. <표 7>은 시험 과목 4개중에서 전체 단원이 4장으로 구성된 '사무자동화 시스템'과목에 대한 출제 결과이고, <표 8>은 전체 단원이 6장으로 구성된 '프로그래밍일반' 과목에 대한 출제 결과이다. 실험한 결과(그림 4)를 살펴보면, 전체 단원이 4장으로 구성된 과목에서 B알고리즘은 각 장에서 5문제씩 골고루 출제된 반면 A알고리즘은 매회 출제되는 분포가 많이 틀림을 확인할 수 있다. (그림 5)와 (그림 6)에서는 전체 단원이 6장으로 구성된 과목의 경우이다. 이는 기사 시험이 전체 단원에서 골고루 문제를 출제하는 특징에 비추어 볼 때, 기존의 출제 알고리즘보다 학습자들에게 보다 알맞은 문제 출제 알고리즘임을 확인할 수 있다.

##### 4.2 난이도 재조정에 대한 비교 분석

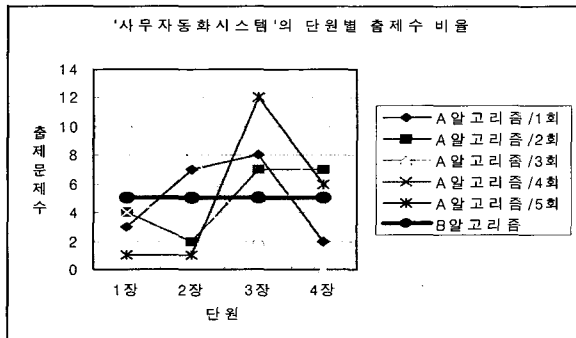
난이도 재조정에 대한 분석을 위하여 전체 응시자수 대비 정답자수를 이용하여 난이도를 조정하는 기존의 알고리즘[6]과 본 논문에서 제시하는 알고리즘을 실험하여 그 결과를 비교하였다. 이를 위해 기존 알고리즘에서는 개인별 평가에 따른 재조정이 없기 때문에 여기서도 비교 분석을 위해 그룹별 평가에 대해서만 실험하였다. 실험을 위하여 그룹의 총인원수를 10명으로 한정하여 전체 10개의 그룹에 대해 차례대로 그룹별 평가를 하였다. 그리고 각 그룹별 평가를 할 때 출제되는 20문제 중에 각각의 서로 다른 난이도를 가지

〈표 7〉 '사무자동화시스템' 과목의 출제현황

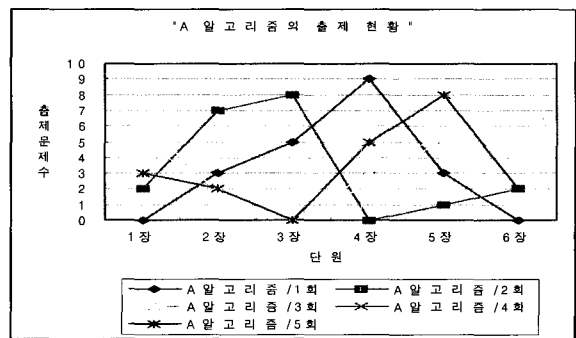
분포도 횟수	알고리즘	1장	2장	3장	4장	
1	A	개수	3	7	8	2
		난이도	상1,하1,상중1	상중3,중4	상중1,중3,중하4	중1,중하1
	B	개수	5	5	5	5
		난이도	상1,하1,중3	상중3,중2	상중2,중2,중하1	중1,중하4
2	A	개수	4	2	7	7
		난이도	상중1,중3	하1,상중1	상중3,중2,중하2	상1,중3,중하3
	B	개수	5	5	5	5
		난이도	상중2,중2,중하1	상1,중4	하1,상중2,중1,중하1	상중1,중1,중하3
3	A	개수	10	8	2	0
		난이도	상1,상중3,중2,중하4	상중1,중6,중하1	하1,상중1	
	B	개수	5	5	5	5
		난이도	상중2,중2,중하1	상중2,중3	상1,상중1,중2,중하1	하1,중1,중하3
4	A	개수	4	5	1	10
		난이도	상1,중3	하1,상중1,중3	상중1	상중3,중2,중하5
	B	개수	5	5	5	5
		난이도	상중1,중4	상1,하1,상중2,중1	상중2,중1,중하2	중2,중하3
5	A	개수	1	1	12	6
		난이도	중1	상중1	상1,하1,상중4,중3,중하3	중4,중하2
	B	개수	5	5	5	5
		난이도	하1,중하4	상중1,중3,중하1	상중2,중3	상1,상중2,중2

〈표 8〉 '프로그래밍일반' 과목의 출제현황

	알고리즘	1장	2장	3장	4장	5장	6장	
1	A	개수	0	3	5	9	3	0
		난이도		상1,중1,중하1	하1,상중1,중3	상중2,중4,중하3	상중2,중하1	
	B	개수	3	4	3	4	3	3
		난이도	상1,하1,중하1	상중2,중하2	중3	상중1,중2,중하1	상중2,중1	중2,중하1
2	A	개수	2	7	8	0	1	2
		난이도	상중1,중1	상중1,중4,중하2	상1,하1,상중3,중3		중하1	중하2
	B	개수	4	4	3	3	3	3
		난이도	중2,중하2	상1,중1,중하2	상중2,중1	하1,중2	상중1,중1,중하1	상중2,중1
3	A	개수	5	2	0	3	5	5
		난이도	중2,중하3	상1,중1		하1,상중1,중1	상중4,중1	중3,중하2
	B	개수	3	3	4	3	4	3
		난이도	중3	상1,중2	하1,상중1,중하2	상중2,중1	중2,중하2	상중2,중하1
4	A	개수	7	1	1	2	6	3
		난이도	상1,중2,중하4	중1	상중1	하1,중1	상중3,중3	상중1,중1,중하1
	B	개수	4	3	3	3	3	4
		난이도	상중1,중2,중하1	상중2,중1	중3	중1,중하2	하1,상중1,중1	상1,상중1,중하2
5	A	개수	3	2	0	5	8	2
		난이도	중상2,중하1	중상1,중하1		상1,하1,중2,중하1	중상2,중4,중하2	중2
	B	개수	3	3	3	4	3	4
		난이도	중3	상1,중1,중상1	중상1,중2	하1,중상2,중하1	중2,중하1	중상1,중하3

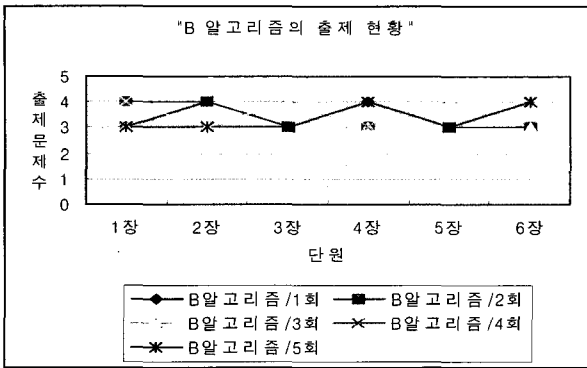


(그림 4) '사무자동화시스템'의 단원별 출제수



(그림 5) '프로그래밍 일반'의 단원별 출제수-1





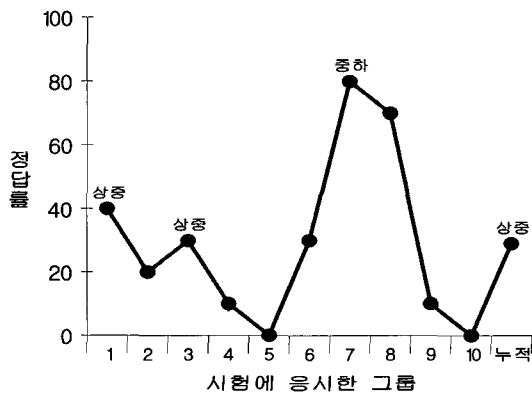
(그림 6) '프로그래밍 일반'의 단원별 출제수-2

는 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.

먼저, 기존의 알고리즘을 적용한 결과는 <표 9>와 같다. [6]에서는 전체 응시자수 대비 정답자수로 정답률을 계산하여, 정답률에 의해 난이도를 재조정한다. 그리고 시험 횟수

<표 9> [6]의 정답률에 의한 난이도 조정

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



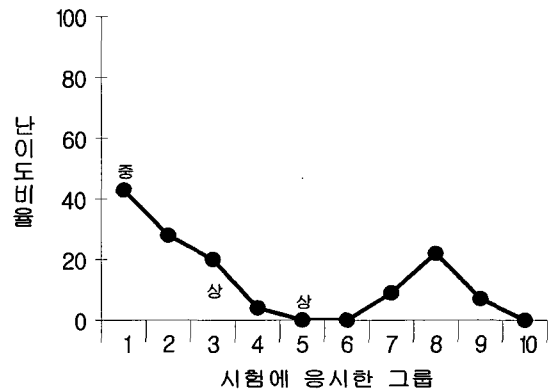
(그림 7) [6]의 정답률에 따른 난이도의 변화 모습

가 증가하면 누적총시험응시자수 대비 누적정답자수로서 정답률을 계산하여 정답률의 신뢰성을 높인다. <표 9>의 결과에서 10개의 그룹이 모두 시험이 끝난 다음 누적된 결과로서 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 7)에서 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 10>과 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 8)와 같다. (그림 8)에서 알 수 있듯이, 기존 알고리즘의 결과와 같이 대부분 난이도 '상'에 해당하는 어려운 문제로 판단된다. 그러나 난이도가 재조정되는 과정을 살펴보면 난이

<표 10> 학습 능력을 고려한 난이도 조정

그룹	평점	총인원수	정답자수	오답자수	난이도비율	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 8) 학습 능력이 고려된 난이도 변화 모습

도의 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 수 있다. 따라서 이 집단에서 8명의 정답자만으로 난이도를 계산한다면 <표 9>에서 보이듯이 원래 '상중'의 난이도였던 문제가 갑자기 '중하'의 난이도로 바뀔 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 10>의 결과에서 보이듯이 원래의 난이도 '상'에 대한 변화의 폭이 크지 않음을 알 수 있다.

### 5. 결론 및 향후과제

웹 상에서 이루어지는 온라인 학습에 있어서 자신의 학습 진도 및 방향과 학업 성취도를 스스로 진단하고 판단하는 중요한 수단으로서 올바른 평가 방법 및 평가 문제는 아주 중요한 문제로 많은 연구가 이루어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 웹 기반의 학습 시스템을 설계함에 있어 이러한 평가 부분에 초점을 맞추고자 한다.

첫째, 문제 은행 방식을 이용한 자동 문제 출제를 할 때 난이도 뿐만 아니라 학습 범위 전체의 분포를 함께 고려하여 문제를 출제한다. 일반적으로 기사 시험의 경우 평균 점수 60점 정도 난이도의 문제를 전체 단원에서 골고루 출제한다. 따라서 이러한 학습 시스템의 경우에는 난이도만을 고려하여 평가 문제를 출제하다보면, 특정 단원에서 문제가 집중되거나 아예 출제되지 않는 단원도 나올 수 있다. 이에 제시하는 알고리즘에서는 전체 평균점수에 맞는 난이도의 문제를 출제함에 있어서 전체 단원에서 고른 분포를 가지도록 출제한다. 둘째, 난이도 재조정을 함께 있어서 전체 시험 응시자수 대비 정답자수뿐만 아니라 시험 응시자의 학습 능력을 함께 고려하여 문제의 난이도를 재조정한다. 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 높이는 데 보다 효율적이다. 제시한 자동 문제 출제 알고리즘과 난이도 재조정 알고리즘을 기사 시험을 위한 웹 기반 학습 시스템에서 비교 분석해 본 결과, 기존 알고리즘에 비해 보다 효율적인 출제와 난이도 조정이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

향후 연구 과제로는 구현된 시스템의 학습을 위한 콘텐츠 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 유지보수할 수 있는 알고리즘이 추가되어야겠다.

### 참고 문헌

- [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] 고일석의 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 문제출제 시스템", 한국정보처리학회 논문지, pp.301-310, 2002년 9월.
- [7] 신민웅, "알기쉬운 통계학", 생능출판사, 1995.
- [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] 류희열, 김은정, "기사 시험을 위한 웹기반 학습 시스템의 설계", 한국정보과학회 봄학술발표논문집, 2004년 4월.
- [11] 배상현, "Web 기반 원격교육을 위한 실시간 평가시스템의 설계 및 구현", 경상대학교 대학원 석사학위논문, 1998.
- [12] 이범용, "시험문제 자동 편집기 오픈기의 설계와 구현에 관한 연구", 고려대학교 교육대학원 석사학위논문, 1992.
- [13] 박태영, "시험문제 제작 시스템의 설계 및 구현", 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문, 1998.
- [14] 이동숙, 최재영, 박현미, 정진욱, 영진정보연구소 공저, "사무자동화산업기사(필기), 영진닷컴, 2003.
- [15] 류희열, 권재길 공저, "사무자동화산업기사 중심 프로그래밍 언어 일반", 상조사, 2002.



김은정

e-mail : ejkim@pufs.ac.kr

1996년 국립경상대학교 전자계산학과 (공학석사)

2001년 국립경상대학교 전자계산학과 (공학박사)

1989년~1993년 (주)LG전자 멀티미디어 연구소 연구원

2000년~2003년 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부 강의전담 전임강사

2003년~현재 부산외국어대학교 교양연계학부 초빙교수  
관심분야 : 웹프로그래밍, 객체지향프로그래밍, 원격교육, 웹 기반 가상학습