한국산업정보학회논문지 제9권 제3호(2004. 9)

웹 기반 기사시험 학습 시스템에서의 문제 출제 알고리즘

(Examination Questions Selection Algorithm in Web-based Engineer Test Education System)

김 은 정*
(Eun-Jung Kim)

요 약 웹 기반 학습 시스템에서 평가를 위한 문제출제 방식에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 원격 교육에서 출제되는 문제들은 고정 출제나 무작위 출제 방식 또는 난이도에 따른 자동 출제 방식을 사용하고 있다. 본 논문에서는 산업 기사 시험을 대비하는 학생들을 위한 웹 기반 학습 시스템을 설계함에 있어 기사 시험에 맞는 새로운 문제 출제 알고리즘을 제시한다. 일반적으로 기사 시험은 평균 점수에 맞는 난이도별 문제 출제와 함께 전체 학습 범위에서 골고루 시험 문제가 출제되어야 하는 특징이 있다. 따라서 제시된 알고리즘에서는 자동 문제 출제를 함에 있어 난이도뿐만이 아니라 전체 학습 범위에 대한 분포도 고려하여 문제를 골고루 출제한다. 이는 난이도에 의한 자동 출제 방식에 비해 기사 시험을 준비하는 학습자에게 보다 효과적인 학습 진단 방법을 제공할 수 있다.

핵심주제어 : 자동 문제 출제, 웹 기반 학습 시스템, 원격 교육 시스템, 문제 은행 시스템

Abstract It is making researches in questions selection method for examination in web-based education system. Most questions made for these remote examinations use methods of making questions using fixed questions or randomly using item pools or automatically using degree of difficulty. This paper proposes a new examination questions selection algorithm in web-based education system for engineer test. Generally, Engineer test is characterized by adequate examination questions selection for degree of difficulty and equally between all units. Therefore this algorithm selected examination questions equally well as regards degree of difficulty and distribution between all units. This algorithm providers more effective education examination method as compared with previous algorithm.

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

1. 서 론

웹의 발전은 교육 분야에도 많은 변화를 가져왔다. 이제는 웹을 이용한 기초적인 학습자료 검색뿐만 아니라, 많은 기관에서 웹상에서의 원격 학습이라 부르는 가상학습을 채택하여 이용하고 있다. 이러한 가상학습은 컴퓨터기반 교육과 웹 기반 교육을 포함하는 개념으로 일반적으로 학습자는 웹상에서 학습을 하고 스스로 평가를 한 후, 평가 결과

* 부산외국어대학교 교양연계학부

를 확인하고 재학습을 하는 시스템으로 구성된다.

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 효과적인 평가를 위해서 문제 출제 방식에 대한 연구가 많이 있어 왔다[1-8]. 먼저, 무작위로 문제를 출제하는 방법이 있다. 이는 문제에 대한 난이도들을 고려하지 않고 저장된 데이터베이스에서 임의의 문제를 무작위 추출하는 방식이기 때문에 학습자의 학습 능력이 전혀 고려되지 않을 뿐만 아니라 학업 성취도가 출제 문제에 반영되지 않는다. 다음으로 난이도를 고려한 무작위 출제 방법이 있다. 이는 문제를 데이터베이스에 등록할 때 해당 문제의 난이도를 입력하여, 출제할 때 난이도를 고려하여 문제를 추출한다. 이 방법은 초기 난이도 부여의 객관성 입증과 학습자 평가가 진행되면서 학습자들의 평가 결과에 따른 난이도 재조정으로 인한 문제의 신뢰성이 중요한 문제이다.

본 논문에서는 산업 기사 시험을 준비하는 학습자들을 위한 웹 기반 학습 시스템을 설계함에 있어서 평가를 위한 문제 출제 방법에 초점을 맞추고자 한다. 기사 시험은 전체 평균 점수와 과목별 평균점수에 맞추어 난이도를 고려하여 문제를 출제함과 동시에 출제 과목의 전 단원에서 문제를 골고루 출제하는 특징이 있다. 따라서 문제 은행에서 무작위 추출함에 있어 난이도만을 고려하다 보면 특정 단원에 치우치거나 한 문제도 출제되지 않는 단원이 있을 수도 있다. 이는 산업 기사 시험의 특징에 부합하는 적당한 출제 방식이 될 수 없다. 이에 문제를 무작위 추출함에 있어 예상 평균 점수에 맞는 난이도를 고려할 뿐만 아니라 전체 단원에서의 문제 분포를 고려하여 새로운 난이도별_영역별 문제 출제 알고리즘을 제시한다. 이는 산업 기사 시험이라는 특수한 시험의 방식에 적합하여 시험을 준비하는 학습자들에게 보다 효과적이고 객관적인 자가 학습 진단 프로그램을 제공할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 웹 기반 학습 시스템에서 평가를 위한 문제 출제 방법에 대한 기존의 연구를 기술하였고 제 3장에서는 본 논문에서 제시하는 난이도별_영역별 문제 출제 알고리즘을 설명한다. 제 4장에서는 현재 구현 중인 시스템에서 제시된 문제 출제 알고리즘과 기존의 다른 출제 알고리즘을 이용한 출제 결과를 비교 분석한다. 마지막으로 제 5장에서 결론 및 향후 연구과제로 매듭을 짓는다.

2. 관련 연구

웹상에서의 가상학습이 활발해짐에 따라 웹 기반 교육에서의 평가 방법에 관한 많은 연구 중에서 문제 은행 방식을 이용한 무작위 문제 출제에 관한 관련연구는 다음과 같다.

[3]에서는 학습자의 학습 진행 상태 및 학업 성취도에 따라 수준별로 제시된 문제를 풀게 한다. 각 수준별 문제는 학습의 진행 상태에서 무작위로 출제되는 문제를 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. [4]에서는 난이도에 따른 자동 문제 출제 시스템을 구현하였다. 여기서는 난이도를 5단계로 세분화하여서 처음 문제 은행에 문제를 출제할 때 해당 문제에 대한 난이도의 초기치를 출제자가 임의로 부여한다. 이 문제에 대한 난이도는 이 문제가 출제된 후 학습자의 정답률에 기초하여 난이도 재조정을 한다. 이렇게 관리되는 난이도를 기반으로 예상 평균 점수와 출제 문제 수에 따라 출제되는 문제들의 정답률의 평균이 예상평균점수가 되도록 자동 출제한다. 여기서는 예상평균점수에 따른 정답률별 문제 수 비율을 표준정규분포 방식에 의해 구하였다. 본 논문에서의 난이도별 문제 수 비율도 이 연구의 근거에 의하고 있다. 그러나 이러한 난이도별 자동 문제 출제 시스템은 문제 은행에 등록된 문제 중에서 난이도만을 고려하여 해당 비율의 문제들이 출제되기 때문에 난이도의 객관성이 입증되었다 하더라도 문제가 특정 영역에 편중되어 출제될 수 있기 때문에 문제 영역의 전반적인 평균 출제는 이루어지지 않는다. 따라서 기존의 난이도별 문제 출제 방법으로는 기사 시험이라는 특정 시험 방식에는 적합한 문제 출제 알고리즘이

될 수 없다. 즉 난이도를 고려한 출제 방식과 함께 전체 학습 영역도 함께 고려될 수 있는 새로운 출제 방법이 필요하다.

3. 웹 기반 학습 시스템에서 난이도별_영역별 문제 출제 알고리즘의 설계

3.1 전체 시스템의 설계

이전의 연구[6]에서 이미 기사 시험을 위한 웹 기반 학습 시스템을 설계한 바 있다. 기사 시험을 위한 웹 기반 학습 시스템의 전체적인 구조 및 데이터베이스는 (그림 1)과 같다. 사용자는 학습자, 교수자, 관리자로서 회원 가입을 해야 하며, 해당 모드로서 로그인을 해야 한다. 학습자는 학습자 모드로만 들어갈 수 있으며, 학습자 모드에서 학습과 평가를 할 수 있다. 평가 후 즉시 결과를 확인할 수 있으며, 확인과 함께 틀린 문제에 대한 재학습을 할 수 있다. 또한 이전의 평가 결과를 누적 점수로서 확인할 수 있으며, 학습자의 학습 향상 정도를 확인할 수 있다. 학습도중 의문 사항은 교수자나 관리자에게 질의할 수 있다. 교수자는 교수자 모드로만 들어갈 수 있으며, 문제 출제와 출제한 문제에 대한 수정과 삭제, 삽입 등 전반적인 문제 관리를 할 수 있다. 그리고 학습 내용을 입력, 수정, 삭제 등 관리할 수 있다. 또한 학습자의 인원수 및 평가 결과를 조회 및 관리할 수 있으며, 학습자의 질의에 대한 응답을 할 수 있다.

관리자는 관리자 모드로 들어가며, 회원 관리를 한다. 또한 사용자의 질의에 대한 응답을 할 수 있으며, 학습자의 성적에 대한 통계 자료등을 관리한다.

3.2 데이터베이스의 구조

데이터베이스는 전체 과목관리 테이블, 과목별 문제관리 테이블, 회원관리 테이블, 회원별 성적관리 테이블로 구성된다. 여기서는 문제 출제 알고리즘에 촛점을 맞추고자 하므로 문제에 관련된 과목관리, 과목별문제관리 테이블만을 다루고자 한다. 각 테이블의 구조는 표 1, 표 2와 같다.

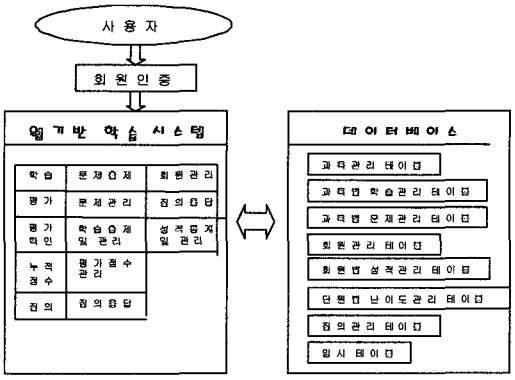

그림 1. 전체적인 학습시스템과 데이터베이스 구조

전체 과목관리 데이터베이스는 [기사종류]에 국가기술 자격시험의 종류를 입력하고 [과목명]에 해당 시험의 과목명, [단원수]에 해당 과목이 전체 몇 단원으로 구성되어 있는지를 관리한다. 그리고 [기타]에 기억해야 할 다른 정보를 관리한다. 과목별 문제 데이터베이스는 [단원] 필드에 해당 문제가 해당 과목의 몇장에 관련된 문제인지를 구별하기 위한 단원을 기록하고 [문제] 와 [보기]에 각각 문제와 보기를 기록한다. [정답]에는 4개의 보기 중에서 정답이 몇 번인지를 기록한다. [난이도]는 '상', '상중' , '중' , '중하', '하' 로 구분한다. 문제를 출제할 때 초기 난이도는 교수자의 의도를 배제하고 모두 '중'으로 부여한다. 따라서 [정답률]과 [오답률]을 각각 50으로 입력한다. 이는 평가 후 학습자의 평가 결과에 따라 재조정된다. 난이도 재조정에 대한 연구는 현재 계속 연구 중에 있으며 전반적인 윤곽은 이전의 연구[6]에서 기술한 바 있다. [문제등록일]은 최초에 문제를 데이터베이스에 등록한 날짜를 기입하고 [최근난이도조정일]은 학습자들의 평가 결과에 따라 각 문제들은 난이도 재조정을 하게 된다. 가장 최근에 해당 문제의 난이도를 재조정한 날짜를 저장한다.

표 1. 전체 과목관리 데이터베이스 구조

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

표 2. 과목별 문제관리 데이터베이스 구조

필드명	형식	
단원	char	문제가 속한 단원을 명시
문제	string	
보기1	char	
보기2	char	
보기3	char	
보기4	char	
정답	char	
난이도	char	초기치 '중'
정답률	int	초기치는 50(백분율로 표기)
오답률	int	초기치는 50(백분율로 표기)
문제등록일	date	최초 문제를 등록한 날을 명시
최근조정일	date	가장 최근 난이도 조정한 날을 명시

3.3 난이도별_영역별 문제 출제 알고리즘

기사 시험은 일반적으로 각 과목 40점 이상, 평균 60점 이상 취득 시 합격이다. 이는 대체적으로 출제자가 한 과목에서 40점 이상의 성적이 나올 수 있는 정도의 난이도가 고려된 문제를 출제한다고 볼 수 있다. 또한 특정 단원에서 집중적으로 출제되기보다는 전체 단원에서 골고루 문제가 출제된다. 이에 제시하는 알고리즘에서는 학습자의 평가를 위한 자동 문제 출제를 함에 있어서 이러한 기사 시험의 특징을 고려하여 난이도별_영역별 문제를 출제한다.

첫째, 난이도별 출제 방법이다. 문제의 난이도는 '상', '상중' , '중' , '중하', '하' 로 구분한다. 이러한 난이도는 정답률과 오답률에 기초하여 부여한다. 정답률과 오답률의 계산 방법은 기존의 연구[6]에서 설명한 바 있으며, 보다 효율적인 정답률과 오답률로서 문제의 난이도 재조정 부분을 완성하기 위해 현재 계속해서 연구 및 구현중에 있다. 난이도별 정답률과 오답률은 표 3과 같다. 난이도 '상'은 정답률이 20%이하이거나 오답률이 80%이상인 경우이며 아주 어려운 문제에 해당한다. 난이도 '상중'은 정답률이 21~40% 사이이거나 오답률이 61~80% 사이인 경우에 해당하며 비교적 어려운 문제로 분류한다. 난이도 '중'은 정답률이 41 ~ 60% 사이이거나 오답률이 41 ~ 60% 사이인 경우에 해당하며 어렵지도 쉽지도 않은 보통에 해당하는 문제로 분류하고, 난이도 '중하'는 정답률이 61 ~ 80% 사이이거나 오답률이 21 ~ 40% 사이인 경우에 해당하며 비교적 쉬운 문제로 분류한다.

표 3. 난이도별 정답률과 오답률

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

그리고 난이도 '하'는 정답률 81%이상이거나 오답률이 20%이하인 경우로 아주 쉬운 문제로 분류한다. 평균 점수에 대한 난이도별 출제 문제 수 비율은 [4]에서 제시한 예상평균점수에 따른 정답률별 문제수 비율을 근거로 한다. 여기서 예상평균점수란 출제되는 문제들의 정답률의 평균이 예상평균점수가 되도록 한다는 것이다. [4]의 난이도별 자동 문제 출제 알고리즘에서는 표준정규분포 방식[9]에 의해 예상 평균점수에 따른 정답률별 문제수 비율을 구하였다. [4]에서 구한 예상평균점수에 따른 정답률별 문제수비율을 요약하면 표 4와 같다. 이에 제시하는 알고리즘에서는 기사 시험의 특징을 고려하여 과목당 평점 40점과 전체 평점 60점의 중간인 평점 50점에 맞추어 난이도별로 출제한다. 즉 예상평균점수 50점에 맞춘 난이도별 문제수 비율은 표 5와 같다. 표 5에서와 같이 평균점수 50점에 맞추어 난이도가 '상'인 문제는 전체 5%, '상중'은 전체 25%, '중'은 전체 40%, '중하'는 전체 25%, '하'는 전체 5%의 비율에 맞추어서 문제 수는 전체 20문제 출제에 '상' 1문제, '상중' 5문제, '중' 8문제, '중하' 5문제, '하' 1문제로 출제한다.

표 4. 예상평균점수에 따른 정답률별 문제수비율(%)

난이도(정답률) / 예상평균점수	상	상중	중	중하	하
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		

둘째, 영역별 출제 방법이다. 제시하는 알고리즘에서는 기존 알고리즘에서 난이도만을 고려하여

표 5. 난이도별 문제수비율

난이도	시험문제 20문제(예상평균점수 50점)				
	상	상중	중	중하	하
출제비율 (출제문제수)	5% (1)	25% (5)	40% (8)	25% (5)	5% (1)

문제를 출제한 것과는 달리 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 과목들은 전체 단원 수가 4장에서 6장 정도로 이루어져 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 모든 과목을 전체 단원 수 4장에서 6장 사이로 가정하고, 입력 시 이에 한정하여 문제를 입력하기로 하였다. 이에 전체 단원 수에 대한 출제 문제 수 비율을 표 6과 같이 정하였다. 즉 전체 단원 수가 4장까지 있는 과목의 경우, 각 단원마다 5문제씩 출제하고, 5장까지 있는 과목은 각 단원마다 4문제씩 출제한다. 그리고 6장까지 있는 과목은 각 단원마다 3문제씩 그리고 2문제는 임의의 단원에서 출제한다.

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)

본 논문에서는 자동 문제 출제를 함에 있어 위에서 설명한 난이도별 출제 방법과 전체 학습 범위의 분포를 모두 고려한 난이도별_영역별 출제 알고리즘을 제시한다. 즉 예상평균점수 50점을 고려한 난이도의 문제들을 출제함에 있어 어느 하나의 단원에 치우치지 않도록 전체 학습 범위에서 골고루 출제한다. 표 5와 표 6을 기준으로 한 자동으로 문제를 출제하는 구현 알고리즘은 그림 2와 같다.

그림 2의 알고리즘을 분석해 보자. 먼저 출제하는 과목이 전체 몇 단원으로 구성되어져 있는지에 대한 전체단원수를 인수로 받는다. ①에서 각 난이도별로 몇 개의 문제를 출제할 것이지를 배열에 저장한다. ②는 전체 단원 수에 따라 각 단원마다 몇 개의 문제를 출제할것인지('단원별출제갯수')를 정하고, 각 단원마다 출제되는 문제의 갯수를 카운트하기 위해 배열을 잡고 초기치를 부여한다('단원별출제문제수(전체 단원수)'). ③에서 각 난이도별 출제 문제 수가 저장되어져 있는 배열('난이도별출제갯수(5,2)')을 처음부터 끝까지 돌면서, 각 난이도에 해당하는 출제 가능 문제를 출제한다(20번). ④에서 현재 출제하고자 하는 난이도를 가져온다. ⑤는 문제가 출제되어 있는 과목테이블에서 현재 출제하고자 하는 난이도에 해당하는 문제들만을 추출하여 레코드셋을 구성한다. ⑥에서 현재의 난이도에 가능한 출제문제수를 가져온다. ⑦부터 출제 가능 한 문제 수만큼 구성해 놓은 레코드셋에서 문제를 출제한다. ⑧의 루프문은 임의로 선택된 레코드 번호가 출제 가능한 문제일 동안 반복한다. 예를 들어 ⑧의 루프문 안에서 선택된 임의의 레코드에 해당하는 문제가 출제가 가능한 단원인지를 체크한다. 각 단원마다 출제 가능한 문제 수가 있기 때문에 이것을 초과해서는 출제할 수가 없다. 따라서 임의로 선택된 문제가 2단원의 문제인데, 이미 2단원에서는 모든 문제가 출제되었다면 이 문제는 출제하지 않고 다시 임의의 문제를 선택하여 다시 출제 가능한지를 체크한다. ⑨에서 임의의 레코드 번호를 선택하기 위한 난수를 발생한다. ⑩은 선택된 레코드번호의 문제가 출제 가능한 단원인지 체크한다. 출제 가능하면 루프를 빠져 나가 문제가 출제되고, 출제 가능하지 않으면 다시 난수를 발생한다. ⑪은 전체 단원 수가 6단원까지 있을 경우에는 각 단원마다 3문제씩 출제하고, 나머지 2문제는 임의의 단원에서 출제한다. 따라서 이미 전체단원수가 6이고 총출제문제수가 18이상이라면 루프를 빠져 나와 문제를 출제한다. ⑫는 임의로 선택된 해당 레코드의 문제가 출제 가능한 문제이기 때문에, 해당 문제를 사용자에게 문제를 출제하기 위한 임시 문제 데이타베이스에 저장한다. ⑬은 현재 출제한 문제가 속하는 단원의 출제 가능 수를 1 증가시킨다('단원별 출제 문제 수 (전체단원수)'). ⑭ 이렇게 루프를 다 돌고 나면 레코드별_영역별로 문제가 20문제 출제된다.

```
function 문제출제(전체단원수)

난이도별출제갯수(5,2) = "(상,1), (하,1) ,(상중,5), (중하,5), (중,8)"
                        '각 난이도별 출제문제수                    ①
if 전체단원수 == 4                                                  ②
   단원별출제문제수(4) = ( 0 , 0 , 0 , 0 )
   단원별출제갯수 = 5
else if 전체단원수 == 5
   단원별출제문제수(5) = ( 0 , 0 , 0 , 0 , 0 )
   단원별출제갯수 = 4
else
   단원별출제문제수(6) = ( 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 )
   단원별출제갯수 = 3

총출제문제수 = 0
char 과목명
for i = 0 to 4   ' 5단계의 난이도                                   ③
   출제난이도 = 난이도별출제갯수(i,0)                               ④
   레코드셋 = select from 과목테이블 where 출제난이도               ⑤
   출제문제수 = 난이도별출제갯수(i,1)                               ⑥
   count = 0
   do while(count < 출제문제수)                                     ⑦
     do while(0)                                                    ⑧
       난수(레코드번호) = int((total_count-1 + 1) * rnd() + 1 )     ⑨
       if 단원별출제문제수(선택된 레코드의 단원-1)
                                   < 단원별출제갯수                 ⑩
                    exit()
       end if
       if 전체단원수 == 6 and 총출제문제수 >= 18                    ⑪
                    exit()
       end if
     loop
     해당 레코드 문제를 사용자 시험 데이터베이스에 출제            ⑫
     단원별출제문제수(선택된 레코드의 단원-1) 1 증가                ⑬
     count = count + 1
     총출제문제수 = 총출제문제수 + 1
   loop
end for                                                             ⑭
end function
```

그림 2. 자동 난이도별_영역별 문제출제 알고리즘

4. 실험 결과 및 분석

이전의 연구[6]에서 설계한 웹 기반 기사시험 학습 시스템을 구현하여 현재 기사 시험을 준비하는 학습자들을 대상으로 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. 이를 위해 사무자동화산업기사 필기 시험을 모델로 하였다[10,11]. 과목은 '사무자동화 시스템' , '사무경영관리개론' , '프로그래밍일반' , '정보통신개론' 4과목으로 이루어져 있으며, 구현된 시스템의 데이터베이스에 입력된 문제들은 '사무자동화 시스템' 과 ' 사무경영관리개론' 과목은 전체 단원이 4장으로 구성되어 있고, '프로그래밍일반' 과 '정보통신개론' 과목은 전체 단원이 6장으로 구성되어져 있다.

분석을 위하여 구현된 시스템에서 기존의 알고리즘[4]과 본 논문의 알고리즘을 각각 이용하여 모의시험을 위한 문제를 출제하였다. 출제 횟수는 5번으로 한정하였고 매 출제 때마다 출제된 20개의 문제들에 대한 단원의 분포도 및 난이도의 분포도를 비교하였다. 결과는 표 7 , 표 8과 같다. 알고리즘 A는 [4]의 난이도별 자동 출제 알고리즘이고, 알고리즘 B는 본 논문에서 제시하는 난이도별_영역별 자동 출제 알고리즘이다. 두개의 알고리즘을 이용하여 매 출제 때마다 출제된 문제들이 어느 단원에서 출제되었는지, 그리고 출제된 문제들의 난이도는 어떻게 출제되었는지를 조사하였다. 알고리즘 A는 예상 평균 점수가 10점에서 90점까지 다양하게 입력할 수 있지만, 여기서는 본 논문의 알고리즘과 비교 분석을 위하여 예상 평균점수 50점에 맞춘 난이도만을 적용하여 알고리즘을 실행하였다. 표 7은 실험 과목 4개중에서 전체 단원이 4장으로 구성된 '사무자동화 시스템' 과목에 대한 출제 결과이고, 표 8은 전체 단원이 6장으로 구성된 '프로그래밍일반' 과목에 대한 출제 결과이다.

실험 결과를 분석해 보면 A 알고리즘의 경우, 출제 문제의 난이도 분포는 예상 평균 점수에 맞추어 적절하게 출제된 반면 전체 단원에서 출제된 분포는 특정 단원에서 집중적으로 많이 출제되거나 한 문제도 출제되지 않는 단원도 나타남을 확인할 수 있다. 그림 3을 살펴보면, 전체 단원이 4장으로 구성된 과목에서 B알고리즘은 각 장에서 5문제씩 골고루 출제된 반면 A알고리즘은 매회 출제되는 분포가 많이 틀림을 확인할 수 있다. 그림 4와 그림 5에서는 전체 단원이 6장으로 구성된 과목의 경우 단원별 출제 분포이다. 이는 기사 시험이 전체 단원에서 골고루 문제를 출제하는 특징에 비추어 볼 때, 기존의 출제 알고리즘보다 학습자들에게 보다 알맞은 문제 출제 알고리즘임을 확인할 수 있다.

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

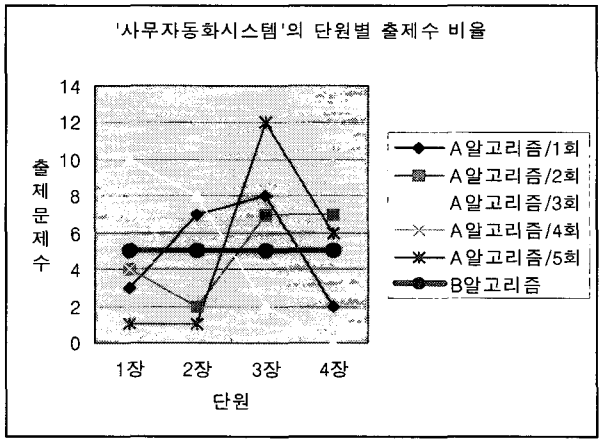

그림 3. '사무자동화시스템'의 단원별 출제수

5. 결 론

본 논문에서는 기사 시험을 공부하는 학생들을 대상으로 한 웹 기반 학습 시스템을 설계함에 있어 보다 효율적인 문제 출제 알고리즘을 제시하였다. 일반적으로 기사 시험은 과목당 평균 40점 이상과 전체 평균 점수 60점 이상의 점수를 획득했을 때에 합격한다. 따라서 시험 문제도 이 정도의 난이도에 맞추어 출제된다고 볼 수 있다. 또한 기사 시험은 해당 과목의 전체 단원에서 문제가 골

표 8. '프로그래밍일반' 과목의 출제현황

분포도 / 횟수	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,중상1,중1	중상1,중2	하1,중상2,중하1	중2,중하1	중상1,중하3

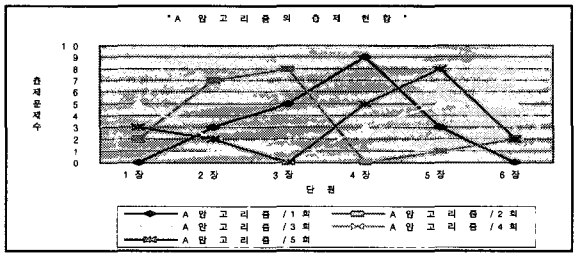

그림 4. '프로그래밍 일반'의 단원별 출제수-1

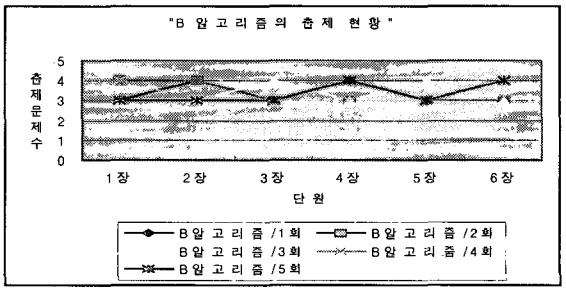

그림 5. '프로그래밍 일반'의 단원별 출제수-2

고루 출제되는 특징이 있다. 따라서 이러한 기사 시험을 준비하는 학습자들을 위한 웹 기반 학습 시스템의 경우에 이러한 특징을 고려하여 문제를 출제해야만 보다 효율적인 학습 진단 방법으로서 학습자들에게 도움이 될 수가 있다.

본 논문에서는 이러한 특징을 고려하여 문제 출제를 함에 있어 단원의 분포와 난이도의 분포를 모두 고려한 문제 출제 알고리즘을 제시하였다. 이는 난이도만을 고려한 기존의 알고리즘에 비해 기사 시험이라는 특정한 학습 시스템에는 보다 효율적인 문제 출제 알고리즘임을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

향후 과제로는 보다 많은 학습과 평가에 따른 실험이 이루어짐으로 인해서 문제의 난이도를 재조정하는 방법과 그로 인한 보다 효율적인 문제 관리에 대한 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

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 웹기반 교육평가 시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, pp.511-522, 2002년 6월.

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

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

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

[6] 류희열, 김은정, "기사 시험을 위한 웹기반학습 시스템의 설계", 한국정보과학회 봄학술발표논문집, 2004년 4월.

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

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

[9] 신민웅, "알기쉬운 통계학", 생능출판사, 1995.

[10] 이동숙, 최재영, 박현미, 정진욱, 영진정보연구소 공저, "사무자동화산업기사(필기), 영진닷컴, 2003.

[11] 류희열, 권재길 공저, "사무자동화산업기사 중심 프로그래밍 언어 일반", 상조사, 2002.

김 은 정 (Eun-Jung Kim)

1996년 국립경상대학교 전자계산학과 졸업(공학 석사)

2001년 국립경상대학교 전자계산학과 졸업(공학 박사)

1989년~1993년 (주)LG전자 중앙연구소 멀티미디어연구소 연구원

2000년~2003년 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부 강의전담 전임강사

2003년~현재 부산외국어대학교 교양연계학부 초빙교수

(관심분야 : 웹 프로그래밍, 원격교육, 웹 기반 가상학습)