WBI(Web Based Instruction) 시스템에서 학습자 피드백 기반 문제수준 조절 방법

임일용, 정해균, 양형정
전남대학교
lim99peffort@hotmail.com, uttdhk@is119.jnu.ac.kr, hjyang@chonnam.ac.kr

(Question Level Adjustment Methods Based on User Feedback for WBI)

Il-Yong Lim, Hae-Kyun Jeong, Hyung-Jeong Yang

요 약

웹 기반 교육 시스템에서 문제 집합 구성은 주로 고정 출제 방식, 무작위 출제 방식, 난이도에 따른 출제 방식으로 이루어진다. 문제 집합의 구성 시 문제 은행에서 문제 난이도에 대한 객관성을 유지하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 논문에서는 난이도를 재조정하는데 학습자들의 문제 풀이 결과를 반영하는 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제시한다. 본 논문에서 제안하는 학습자 피드백 기반 문제 수준 조절 방법은 개인 시험 결과, 그룹 시험 결과 그리고 개인의 특정 섹션 시험 결과를 함께 고려하여 난이도를 조절한다. 기존 알고리즘과 비교 분석한 결과 문제 난이도의 변화율 측면에서 보다 현실적인 문제 난이도 변화를 확인할 수 있었다.

1. 서론

웹 기반 학습(WBI)은 인터넷의 보급으로 빠르게 확산되어 가고 있고 이에 따라 학습자의 학습효과를 높이기 위한 많은 연구가 이루어졌다[1-4]. 일반적으로 웹 기반 학습 시스템에서 평가를 위해서는 문제 은행 방식을 많이 이용한다. 이러한 학습 시스템에서 보다 효율적인 평가를 위해서 문제 출제 방식 및 효율적인 문제 관리가 필요하다[5-7].

현재의 웹 기반 교육에서 관한 문제 출제 방법은 크게 고정출제[1,2], 무작위 출제[3, 4], 난이도 고려한 무작위 출제[5,6,7]가 있다. 문제 추출 시 가장 중요한 항목은 문제 수준에 대한 객관성이지만 [1,2,3,4,5]에서 제안한 방법은 학습자의 학업성취를 고려하고 있지 않다. [6,7]에서는 학습자의 학습 결과에 따른 난이도 재조정 방법을 보이고 있지만 학습자의 세부적인 능력 평가를 통한 난이도 재조정에는 미흡하다.

따라서, 본 논문에서는 문제의 난이도를 재조정함에 있어 문제 수준의 객관성을 유지하기 위해 학습자들이 응시한 개인 시험 결과, 그룹 시험 결과 그리고 개인의 특정 섹션 시험 결과를 함께 고려한 새로운 난이도 재조정 알고리즘을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 웹기반 학습 시스템에서 평가를 위한 문제 출제 및 난이도 재조정에 대한 기존의 연구를 기술한다. 제 3장에서는 웹 기반의 학습 시스템에서 학습자의 학습 능력을 고려한 새로운 난이도 재조정에 대해서 설명한다. 제 4장에서는 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘의 실험 결과를 비교 분석한다. 마지막으로 제 5장에서 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

미리 주어진 문제만을 풀도록 운영되는 고정 출제방식은[1,2] 학습자들이 다양한 문제를 풀 기회가 없다는 문제점이 있다. 이보다 개선된 무작위 문제를 출제하는 방식[3,4]은 학습자의 학업 성취도가 출제된 문제에 반영되지 못하고 있다. [5]에서는 난이도에 따른 자동 문제 출제를 제안하고 있다. 즉, 각 문제의 난이도를 기반으로 예상 평균 점수와 출제 문제 수에 따라 출제되는 문제들의 정답률의 평균이 예상 평균점수가 되도록 자동 출제한다. 마지막으로 [6,7]에서는 난이도를 전체 시험 응시자 수 대비 정답자수로서 계산되어지는 정답률뿐만 아니라 시험 응시자의 학습 능력을 함께 고려하여 문제의 난이도를 재조정한다. 그러나 이 연구에서 학습자 개인 또는 집단의 평균 학습 능력이 고려되어 문제가 난이도 재조정 되었다 하더라도 각 개인의 특정 섹션에서의 우월성에 따른 고려를 하지 않아 객관성이 떨어진다.

본 논문에서는 난이도 재조정을 함에 있어 개인이나 집단의 평균 점수에 따른 문제의 난이도가 달라지며 또한 개인의 특정 섹션의 평점을 고려함으로써 기존 알고리즘에 비해 출제 문제의 신뢰성을 높이는데 보다 효율적이다.

3. 학습 능력을 고려한 출제 문제의 난이도 재조정

본 논문에서는 난이도 재조정에 따른 문제 출제를 TEPS를 대상으로 구현하였다. TEPS 평가는 일반적으로 총 990점 만점에 4가지 섹션(Listening Comprehension, Grammar, Vocabulary, Reading comprehension)의 학습자 테스트가 이루어진다. 문제의 난이도는 '상', '상중', '중', '중하', '하' 로 구분된다. 문제 생성시 초기 난이도는 전문가가 할당하는 것으로 가정하며, 이 초기치는 학습자의 시험 결과에 따라 본 논문에서 제시하는 방법으로 문제 난이도가 조정된다.

학습자의 시험 결과에 따라 난이도는 901~990점까지의 1+등급에서부터 10~100점까지의 5등급까지 10개의 등급으로 나누어지며, 문제 난이도 등급은 0.2간격으로 난이도 상에서 하까지(0.0~1.0) 5등급으로 난이도 변화율에 차이를 둔다.

난이도 재조정이 개인별, 그룹별, 섹션별로 이루어 질 때 문제 난이도의 객관성을 유지하기 위해 각각의 가중치를 두어 계산한다. 시험 평가의 신뢰성은 그룹 평가가 개인 평가보다 높으며, 개인의 특정 섹션 평가가 개인 총 평가보다 신뢰성이 더욱 높기 때문에 그룹별, 개인 섹션별, 개인별 순으로 가중치를 처리한다. 이러한 차이를 가중치를 이용해 조정함으로써 난이도의 객관성을 높인다.

각 문제들에 할당된 초기 난이도는 학습자들의 평가 결과에 따라 자동적으로 해당 문제에 대한 정답률과 오답률이 계산되어 재조정된다. 즉, 학습자의 시험 결과에 따른 문제 난이도 수준 조정은 정답률과 오답률의 비율에 따라 다음과 같이 조정된다.

$$L_{poa} = L_{pob} + C_{rot} - I_{rot}$$

정답률과 오답률에 관한 문제 난이도 조정은 문제에 대한 학습자 개인의 평점과 그룹의 평점 그리고 개인의 각 섹션별 평점을 이용한다. [6]의 급격한 문제 난이도 변화율을 보완하기 위해 각각의 수준 조정에는 가중치와 최저점수를 적용함으로서 변화율의 폭을 제한한다.

문제 수준 조절에 사용된 표기는 다음과 같다.

표 1. 문제 수준 조절에 사용된 표기

L_{poa}	조정된 난이도	C_{rop}	정답비율	S_{mos}	섹션최저점수
L_{pob}	현재문제난이도	I_{rop}	오답비율	S_{sos}	섹션총점수
C_{rot}	정답률	W_p	가중치(개인)	L_p	문제레벨
I_{rot}	오답률	W_g	가중치(그룹)	N_{cog}	응시정답자수
S_{mop}	최저점수(10)	W_s	가중치(섹션)	N_{iog}	응시오답자수
S_{sop}	총점수	C_{ros}	섹션정답비율	S_{aog}	시험그룹평점
L_{sot}	총등급(10)	I_{ros}	섹션오답비율	N_{sog}	시험총응시횟수

3.1 개인별 평가에 따른 문제 수준 조정

개인별 시험 결과에 따른 정답률과 오답률은 다음과 같이 정답비율, 가중치, 최저점수, 총점수를 고려하여 계산된다. 개인 총 평점은 고득점에서 저득점 순으로 정답비율은 1에서부터 10까지, 오답비율은 10에서 1로 분할된다. 개인별 평가에 있어 개인별 평균 점수로서 정답률과 오답률을 계산하여 난이도 비율을 재조정한다.

$$C_{rot} = \frac{C_{rop}}{L_{tot}} \times L_p \times W_p \times \frac{S_{mop}}{S_{sop}}$$

$$I_{rot} = \frac{I_{rop}}{L_{tot}} \times L_p \times W_p \times \frac{S_{mop}}{S_{sop}}$$

학습자의 평가 결과에 따른 문제 난이도의 변화율이 학습자의 등급에 따라 차이가 있다. 예를 들어, 문제 난이도가 0.1(상)인 하나의 문제에 대해 2명의 학습자가 정답을 맞힌 경우, 한 학습자는 등급이 1등급이고 한 학습자는 등급이 10등급이다. 이때 각 등급에 따라 문제의 정답률을 고려한 문제 난이도 변화는 다음과 같다.

$$Level1 : 0.1 + \frac{1}{10} \times 0.1 \times W_p \times \frac{10}{990} = 0.1 + \frac{1}{100} \times W_p \times \frac{10}{990}$$

$$Level10 : 0.1 + \frac{9}{10} \times 0.1 \times W_p \times \frac{10}{990} = 0.1 + \frac{9}{100} \times W_p \times \frac{10}{990}$$

1등급과 10등급의 변화율 차이는 10등급에서 가장 크게 나타난다. 즉, 개인 평점이 낮은 학습자가 어려운 문제를 풀었기 때문에 문제난이도가 많이 낮아지고 개인평점이 높은 학습자가 어려운 문제를 푸는 것은 일반적으로 당연한 것이기 때문에 문제 난이도가 조금 낮아져야 한다. 여기서 학습자들이 실제 알고 있는 지식으로 문제를 해결하였다는 전제조건이 있어야 한다.

3.2 섹션별 평점에 따른 문제 수준 조정

개인 총 섹션 평점은 고득점에서 저득점 순으로 정답비율은 1에서부터 10까지, 오답비율은 10에서 1로 분할된다. 학습자에 관해서 특정 섹션부분만 평가를 함으로써 그 결과를 기반으로 문제의 난이도를 재조정할 수 있다.

$$C_{rot} = \frac{C_{ros}}{L_{sot}} \times L_p \times W_s \times \frac{S_{mos}}{S_{sos}}$$

$$I_{rot} = \frac{I_{ros}}{L_{sot}} \times L_p \times W_s \times \frac{S_{mos}}{S_{sos}}$$

3.3 그룹별 평점에 따른 문제 수준 조정

그룹별 평점은 모의고사의 형태로 제출된 문제 집합에 대해 특정 집단이 단체로 응시하였을 경우에 고려될 수 있다. 이는 실제 시험을 대비하여 정해진 시간 내에 주어진 문제를 특정 집단의 학생들이 같이 응시해 보는 모의시험 방식으로 응시한 학생의 수를 고려하여 난이도가 조정된다.

$$C_{rot} = \frac{N_{cog}}{N_{sog}} \times L_p \times W_g \times \frac{S_{mot}}{S_{aog}}$$

$$I_{rot} = \frac{N_{iog}}{N_{sog}} \times L_p \times W_g \times \frac{S_{mot}}{S_{aog}}$$

4. 모의실험 결과 및 분석

본 논문에서는 TEPS를 이용한 웹 기반 학습 시스템의 구현하여 구현 결과에 대해 각 문제 난이도의 객관성을 비교 분석하였다. 이 실험은 10명의 학습 결과에 따른 개인별, 섹션별 난이도 변화와 10개 그룹의 학습 결과에 따른 난이도 변화를 모의 실험하였다. [6]에서 제시하는 알고리즘과 본 논문의 알고리즘을 비교하였는데, [6]에서는 각 섹션별 처리 알고리즘이 없기 때문에 TEPS를 대상으로 개인별 평점 평가와 그룹별 평가에 관해서만 실험하였다.

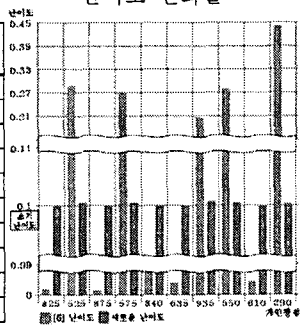
[표 2]와 [그림 1]을 보면 개인 평점이 290점인 학습자는 초기 난이도가 0.1에서 [6]의 알고리즘 적용 이후 중(0.44138)으로 급격히 변화되었지만 본 논문의 재조정 알

고리즘은 상(0.1)에서 상(0.10019)으로 완만한 변화율을 보인다. 즉, 한 응시자에 대한 평가 결과로서 문제의 난이도 재조정의 등급 변화가 급격한 것은 문제가 있기 때문에 본 논문에서 제안한 방법의 결과인 완만한 변화율이 객관성이 있다.

표 2. 개인별 평가에 따른 문제 수준 조정

개인 평점	정답 확인	초기 난이도	[6] 난이도	새로운 난이도
825	×	0.1	0.01667	0.09994
525	○	0.1	0.28857	0.10038
875	×	0.1	0.01162	0.09994
575	○	0.1	0.27217	0.10038
340	×	0.1	0.06560	0.09997
635	×	0.1	0.03586	0.09995
935	○	0.1	0.20580	0.10064
550	○	0.1	0.28000	0.10038
610	×	0.1	0.03838	0.09995
290	○	0.1	0.44138	0.10019

그림 1. [표 2]에 대한 난이도 변화율



특정 섹션에 등급이 높은 학습자가 있을수 있기 때문에 섹션별로 평점에 대해 난이도의 차이를 두었다. [표 3]을 보면, 총평점이 550점인 학습자 A의 듣기평점은 340점이고, 총 평점이 610점인 학습자 B의 듣기평점은 60점이었다. 여기서 총평점이 높은 B 학습자가 듣기 분야에서 A 학습자보다 등급이 높다고 할 수 없다. 따라서 둘 다 문제를 맞혔을 경우 정답률의 변화는 듣기 섹션의 평점이 낮은 학습자 B (0.1 → 0.10018)가 학습자 A (0.1 → 0.10004)보다 크다. 또한, 총 평점이 575점인 학습자와 340점인 학습자의 듣기평점은 150점으로 같다. 두 학습자의 총 평점에 대한 등급은 다르지만 듣기 섹션에서의 등급은 같기 때문에 듣기 난이도 변화는 같다.

표 3. 섹션별 평점에 따른 문제 수준 조정

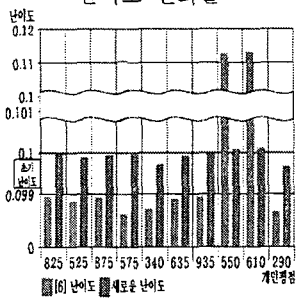
개인 평점	듣기	문법	어휘	독해	듣기	문법	어휘	독해	초기 난이도	듣기 난이도	문법 난이도	어휘 난이도	독해 난이도
825	300	80	75	370	×	×	○	×	0.1	0.09994	0.09994	0.10024	0.09992
525	200	80	45	200	○	○	×	○	0.1	0.10012	0.10024	0.09996	0.10012
775	340	90	89	256	×	○	×	×	0.1	0.09993	0.10016	0.09993	0.09994
575	150	60	65	300	○	×	○	○	0.1	0.10014	0.09995	0.10032	0.10006
340	150	30	50	90	○	×	×	○	0.1	0.10014	0.09996	0.09996	0.10016
635	230	30	85	290	×	○	×	×	0.1	0.09995	0.10064	0.09993	0.09994
935	390	90	90	365	○	×	○	×	0.1	0.10002	0.09993	0.10016	0.09992
550	340	30	30	130	○	○	×	○	0.1	0.10004	0.10048	0.09998	0.10014
610	60	90	90	370	○	○	○	○	0.1	0.10018	0.10016	0.10016	0.10002
290	200	20	20	50	○	×	○	×	0.1	0.10012	0.09998	0.10072	0.09998

[표 4]와 [그림 2]를 보면, 그룹평점이 550점인 그룹의 난이도는 각각, 0.11273, 0.10008이었다. [6]의 알고리즘에서는 정답자수가 7명으로 오답자수보다 많아 정답자수만을 고려하여 조정된 난이도였고, 본 논문에서는 정답자수에 대한 정답률과 오답자수에 대한 오답률을 모두 고려하여 조정된 난이도였다. [6]에서는 정답자가 많으면 정답자수에 의해, 오답자수가 많으면 오답자수에 의해 난이도 변화를 주기 때문에 변화율이 커진다. 또한 정답자수와 오답자수가 같은 그룹평점이 575점인 그룹을 보면, [6]은 정답자수만을 고려하여 문제의 난이도 조정을 하였다. 하지만, 오답자수에 대한 문제 난이도는 처리하지 않아서 문제가 된다.

표 4. 그룹별 평점에 따른 문제 수준 조정

그룹 평점	정답 수	오답 수	초기 난이도	[6] 난이도	새로운 난이도
825	4	6	0.1	0.09273	0.09998
525	2	8	0.1	0.08476	0.09989
875	3	7	0.1	0.09200	0.09995
575	5	5	0.1	0.09130	0.10000
340	0	10	0.1	0.07059	0.09971
635	3	7	0.1	0.08898	0.09994
935	4	6	0.1	0.09358	0.09998
550	7	3	0.1	0.11273	0.10008
610	8	2	0.1	0.11311	0.10010
290	0	10	0.1	0.06552	0.09966

그림 2. [표 4]에 대한 난이도 변화율



5. 결론 및 향후 과제

본 논문은 문제 은행 방식을 이용하여 자동 문제 출제를 하는 온라인 학습에 있어서 학습자의 시험 결과에 따른 난이도 재조정을 통해 시험 문제의 객관성 향상을 하는데 목적이 있다. 문제 난이도 재조정은 학습자의 개인 시험 결과, 그룹 시험 결과 그리고 개인의 특정 섹션 시험 결과를 토대로 3가지 시험 방식에 따라 각각의 가중치를 두어 난이도 변화율에 차이를 두었다. 비교 분석에서 확인해본 난이도의 변화율이 심한 기존 알고리즘에 비해 본 논문의 알고리즘은 난이도 조정에 있어 보다 객관성이 높다는 것을 확인할 수 있었다.

향후 연구 과제로는 학습자의 테스트 과정에서 생기는 문항추측 결과 항목을 처리할 수 있는 알고리즘 추가가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 이영현,강성국,김명렬, "원격교육 평가를 위한 문제 은행 시스템의 설계 및 구현", 한국컴퓨터교육학회논문지,제3권제1호,pp.117-125, 2000

[2] 임희숙,김창근,김수형, "CGI를 이용한 웹기반 문제은행 시스템 설계 및 구현", 한국정보교육학회 '99 추계학술발표논문집,제4권 제2호,pp.307-312, 1999.

[3] 홍종기,전우천, "수준별 평가를 위한 문제은행 시스템의 설계 및 구현",한국정보교육학회 2001년 하계학술발표논문집,제6권 제2호,pp.307-312,1999.

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

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

[6] 김은정, 류희열, "WBI 시스템에서 학습능력을 고려한 출제 문제의 난이도 재조정 알고리즘", 한국산업정보학회, pp.47-55, 2004

[7] "학습자의 수준평가를 이용한 웹 기반 자동 문제 출제 시스템",정보처리학회논문지A,pp.579-588, 2003