

# 학습 능력과 영역별 난이도를 고려한 문제은행 방식의 학습평가 시스템 설계 및 구현

박태오\* 이배호\*  
\*전남대학교 전자컴퓨터공학과

## Design and implementation of evaluation system in item pool with learning ability and course difficulty

Tae-O Park\*, Bae-Ho Lee\*  
\*Dept. of Computer Engineering, Chonnam National University

### 요 약

본 논문에서는 학습자들의 학습특성 및 학습 능력에 따라 문제은행에서 문항을 선택하는 기준과 학습코스를 재구성하기 위한 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 학습단계와 평가단계를 연계하여 평가 단계에서 추정된 학습자의 능력에 따라 차기 학습단계에서 수준별 학습내용을 재구성하여 학습자에게 제공함으로써 합리적인 학습이 가능하도록 지원하고 있다. 이를 위해 학습자의 학습능력을 정확하게 판단 할 수 있도록 문항반응 이론에 의한 학습자 능력평가 모듈을 만들고, 가중치 값을 갖는 문항특성모델을 개발하여 적용함으로써 학습과정의 우선순위를 부여하여 학습코스를 재구성하는 시스템을 설계 및 구현하였다.

### 1. 서론

세계적으로 아주 높은 교육열과 최고수준의 IT 인프라를 이용한 e-Learning 시장도 해를 거듭할수록 그 규모가 확대되고 있다[1]. 현재 서비스되는 교육관련 콘텐츠는 주로 VOD서비스에 의존하는 것으로 전국적으로 유명한 강사의 동영상 자료이다. 하지만 교육의 근본적인 목적은 높은 점수를 획득하는 것뿐만이 아니라 지식의 습득과 전달이다. 온라인 강의 특성상 학습자의 행동을 강제할 수 있는 수단이 없으며, 학습자의 의지에 의존 해야만 했다. 따라서 최근에는 웹기반 학습시스템에서는 학습자의 능력을 파악하고 그에 따른 피드백을 수행하는 방법에 대한 연구가 행해지고 있다. 능력을 파악하는 방법으로 문항반응이론을 이용해서 학습자의 반응을 분석하는 기법을 사용한다. 하지만 학습을 진행한 후 학습자의 능력과 문항의 난이도를 고려한 테스트만 수행하는 것은 학습자의 능력 향상에 크게 효율적이지 못하다. 따라서 학습단계에서부터 학습자의 능력을 고려한 학습을 진행해야 하고, 평가역시 학습자의 능력이 고려되어야 한다. 그러므로 교육시스템은 학습자의 학습 상태를 관리 할 수 있고, 최선의 방법을 제시할 수 있는 기능이 반드시 필요하다.[2]

본 논문은 학습자의 능력추정 방법으로 문항반응이론을 적용한 평가를 수행하고, 결과를 분석함으로써 강의 난이

도를 선별한다. 또한 문항 특성모델을 정의하여 영역별 가중치를 갖는 문항을 만들어 내고 가중치에 의한 학습자 능력치를 생성하여 학습의 우선순위를 설정하는 방법에 대하여 제안한다.

### 2. 학습자에 따른 과정선별을 위한 알고리즘

#### 2.1 문항난이도의 조절

$P(\theta)$ 를 문항의 답을 맞힐 확률, 변별도 모수를  $a$  난이도 모수를  $b$ , 능력수준을  $\theta$ 라 하면 3-모수 로지스틱 모델은 식 (1)과 같다.  $c$ 는 문항 추측도로써 함수로 정의되는 값이 아니라 0에서 1.0까지의 이론적인 범위를 가지는 값이다. 보통 0.35이하의 값이 유효 값으로 고려된다.

$$R(\theta) = c + (1-c) \frac{1}{1 + e^{-a(\theta-b)}} \quad (1)$$

문항의 난이도는 식(2)에 의해 결정한다.

$$P(\theta) = \frac{R - \frac{N}{K-1}}{N - NR} \quad (2)$$

(2)식에서  $P$ 는 문항난이도 지수,  $R$ 은 정답자수,  $N$ 은 시험을 치른 총 학습자 수,  $NR$ 은 그 문항의 미답자수,  $K$ 는 답지 수이다. [3]

## 2.2 학습자의 능력 추정

문항반응이론에서는 학습자의 능력을 추정하기 위하여 maximum likelihood estimation을 사용한다.[4] 학습자의 능력을 추정하기 위한 식은 (3)과 같다.

$$\Theta_{s+1} = \Theta_s + \frac{\sum_{i=1}^N a_i [U_i - P_i(\Theta_s)]}{\sum_{i=1}^N a_i^2 P_i(\Theta_s) Q_i(\Theta_s)} \quad (3)$$

(3) 식에서  $\Theta_s$  는 s번째 반복 교정을 통해 얻은 능력추정치,  $a_i$  는 문항 I의 변별도,  $U_i$  는 피험자의 문항 I에 대한 응답이고, 문항 i가 정답처리 되었을 때  $U_i = 1$ , 문항 i가 오답처리 되었을 때  $U_i = 0$ 을 부여한다.  $P_i(\Theta_s)$  는 s번째 반복해서 추정된 능력  $\Theta_s$  값을 가진 학습자가 문항 i를 맞출 확률이고,  $Q_i(\Theta_s)$  는  $1 - P_i(\Theta_s)$ 를 나타낸다.

$$\frac{\sum_{i=1}^N a_i [U_i - P_i(\Theta_s)]}{\sum_{i=1}^N a_i^2 P_i(\Theta_s) Q_i(\Theta_s)} = \Delta\Theta_s \quad (4)$$

식 (4)에서 학습자의 능력추정과정에서  $\Delta\Theta_s$ 가 매우 작은 수준의 기준 이하가 되면 추정과정을 종료한다. 여기에서  $a_i$  는 문항 i의 변별도,  $P_i(\Theta_s)$  는 s번째 반복해서 추정된 능력  $\Theta_s$  값을 가진 학습자가 문항 i를 맞출 확률이고,  $Q_i(\Theta_s)$  는  $1 - P_i(\Theta_s)$ 를 나타낸다.

## 2.2 학습과정 재배치를 위한 선택 알고리즘

특성모델로써 정의된 문항에는 선수영역과 영역별 문항기여도가 포함된다. 1개의 문항에는 최대 4개의 선수 학습영역이 정의되고 각 영역의 기여도의 합이 100%가 되도록 구성한다. 식(2)의 난이도 값과 각 영역 사이의 관계를 정의하고, 학습자의 해당 영역 ability를 수정하여 차기 학습과정을 선정한다.

학습자는 평가할 때마다 10문항을 제공받는다. 각 문항에서 문항 출제자에 의해 정의된 영역별 가중치와 각 문항의 난이도 값을 기준으로 학습자의 영역별 값을 계산한다. 영역별 값은 식(5)에 의해 이루어지며, 결과 값이 작을수록 우선순위가 높아진다. 즉 오답 문항에 속한 영역들의 영역값은 감소하고, 정답 문항의 해당 영역값은 증가한다.

$$v_{s+1} = v_s + \frac{\sum_i R_i \times D_i \times W_i \times (-1)^{U_i}}{n} \quad (5)$$

식(5)에서 v는 최근 평가 결과 값이고 n은 테스트에 사용된 문항 개수이며, R는 임의의 문항이 특정 영역을 포함하고 있으면 1, 그렇지 않으면 0을 반환한다. D는 개별 문

항의 난이도로써 식(2)에 의해 계산되어지는 값이고, W는 영역이 문항에 기여하는 기여도를 나타낸다.

## 3. 수준별 학습을 위한 시스템 설계

### 3.1 시스템 구조

본 장에서는 2장에서 기술된 학습자의 특성값 및 문항의 특성값을 이용한 수준별 학습을 위한 선택알고리즘을 구현한 것으로 학습 능력과 문제의 영역별 난이도를 고려한 문제은행 방식의 학습평가 시스템에 대해서 살펴본다. 본 시스템은 <그림 1>처럼 4개의 모듈과 3개의 데이터베이스로 설계된다.

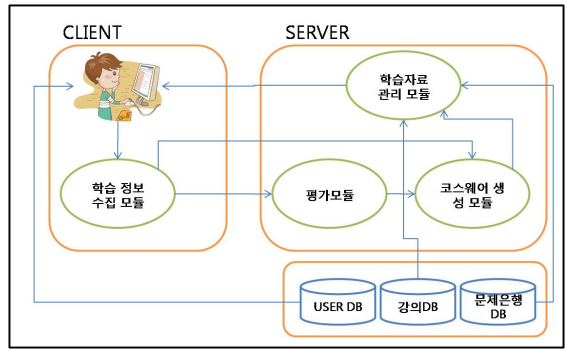


그림 1 시스템의 구성

4개의 모듈들은 클라이언트 수준에서 학습자의 응답을 수집하는 학습정보 수집모듈, 서버수준에서 학습 자료를 관리하고 클라이언트에 제공하는 학습자료 관리모듈, 학습정보 수집모듈에서 보내온 정보를 분석하는 평가모듈, 평가모듈에서 발생한 값을 기반으로 학습자에 맞는 코스를 제시해주는 코스웨어 모듈로 구성되어 있다.

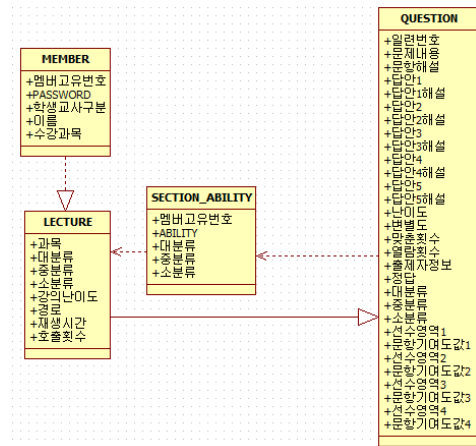


그림 2 각 테이블간 관계도

4. 구현

문항은 1-SET에 10문항씩 출제되며 그림이 포함된 문항과 포함되지 않은 문항의 구별을 위해 초기 화면은 썸네일 이미지로 제공을 하고 학습자가 그림을 클릭할 시 확대된 원 이미지가 팝업된다. 또한 문항 해설 버튼을 두어 출제된 문제에 간단한 해설을 더할 수 있도록 했다.

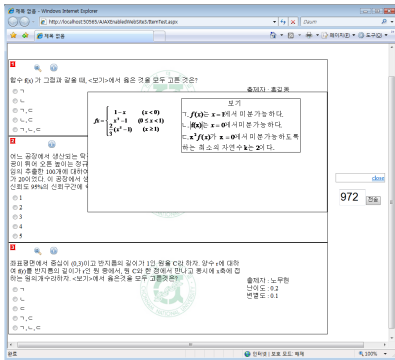


그림 3 CLIENT 구동화면

5. 결론

기존의 학습자 평가 시스템은 교수자의 주관적인 난이도에 의한 학습자 평가에 적용함으로써 상이한 난이도가 산출된다, 뿐만 아니라 동일한 문항수와 배정 시간으로 인하여 개별 학습자 평가가 제대로 이루어 지지 못하며, 텍스트 위주의 문제 학습을 통해 학습 효과를 저하시키는 요인이 발생한다.

이에 본 논문에서는 학습자의 능력 추정과정을 통해 발생한 값으로 평가 난이도를 결정하여 평가를 수행하고, 문항의 특성 값을 정의하여 학습 시 과정 재배치를 통해 취약 부분을 우선학습을 할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제안된 방법으로 실행 가능한 교육서비스는 평가결과를 점수화하여 당락을 결정짓거나 학습자들 사이의 순위를 정하는 부분보다는, 학습자 자체에 비중을 두고 이해도를 높이는 부분에 더 효과적이다.

e-Learning의 학습목적 달성을 위해서 현상감 있는 고품질 동영상 콘텐츠의 확보가 우선 되어야 하며, 학습 집중도를 유지 할 수 있게 하는 방법이 연구 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 2005-2006 이 러닝 백서, 산업자원부 / 한국 전자 거래진흥원 / 한국 U러닝 연합회, pp. 143-157, 2006
- [2] 최숙영외 2인, “문항반응이론에 의한 컴퓨터 적응적 평가와 동적 학습내용 구성에 기반한 적응형 교수 시스템“, 정보과학회논문지, 제32권 5호, pp. 438-448, 2005
- [3] 송은하외 3인 “ 문항반응이론에 의한 학습자 평가 시스템 설계 및 구현”, 한국컴퓨터교육학회 논문지 제6권 2호, 2003.01
- [4] 성태제, 문항반응이론 입문, 양서원, 1991
- [5] 김은정, “웹기반 학습 시스템의 평가 문제에 대한 출제 방법 및 난이도 재조정에 대한 연구”, 한국정보처리학회 논문지 D, Vol. 12-D NO. 03, pp. 0471-0480, 2005. 06

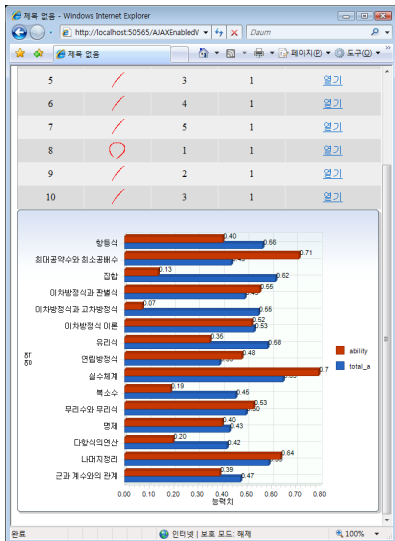


그림 4 평가 결과 view

<그림4>는 테스트 후 평가결과 화면으로 각 문항에 대한 정답 여부와 도움말 링크를 보여준다. 또한 현재 진행하고 있는 과정의 전영역에 걸친 학습자의 위치를 보여주는 그래프가 표현된다. 그래프는 해당 학습자와 동일 영역에서 학습하고 있는 학습자들의 평균값을 보여주고 타 학습자와의 능력 차이를 비교한다.