문항난이도를 이용한 웹 서비스 기반의 적응적 이러닝 시스템

The Web Service based Learner Tailoring Adaptive E-Learning System using Item Difficulty

정 화 영*
Hwa-Young Jeong

요 약

많은 이러닝 시스템들은 기존의 설정된 문항난이도를 기반으로 학습자에게 학습정보를 제공하고 있으며, 학습자는 정해진 학습과정에 따라 학습을 수행하고 있다. 이는 학습과정 중에서 학습자마다 학습을 이해하는 정도가 다름에도 불구하고 학습자는 정해진 난이도와 학습과정을 따라야 함으로 효율적인 학습효과를 나타내기 어렵다. 본 연구에서는 학습자가 학습과정 중에 이해하는 정도를 시스템이 파악하여 능동적으로 난이도 및 학습과정을 조절하는 학습자 적응형 이러닝 시스템을 제시하고자 한다. 이를 통하여 학습자는 오프라인에서의 학습과 같은 대화형 학습을 통해 온라인 학습이 가져오는 획일적 학습에서 벗어나 보다 높은 학습효과를 높일 수 있다.

Abstract

A lot of E-Learning system is supplying the existent item difficulty based learning information to learner. And learner is doing learning contents according to the fixed learning course. It is difficult for learner to get efficient learning effect. Because learner has to belong to fixed item difficulty and learning course even thought learner has different degree that understand studying in learning course. This research proposed the learner adaptive E-learning system that is able to control the item difficulty and learning course to analyze the understanding degree of learner in learning course. In this result, learner is able to improve learning effect to get rid of fixed learning course using bi-directed learning such as off-line learning.

☞ keyword : E-learning, Adaptive learning, Web service, Item difficulty, 이러닝, 적응적 학습, 웹 서비스, 문항난이도

1. 서 론

컴퓨터와 인터넷의 급속적인 확산으로 교육의 장소가 오프라인에서 온라인으로 확장되고 있는데, 이는 전통적인 오프라인 교육에서 제공하는 교육 서비스를 온라인에서도 제공할 수 있다는 가능성 및 현실에 기인하고 있다[1]. 이에 따라 인터넷 기반의 이러닝은 유연하고 다양한 학습활동 제공, 자기주도적인 학습 능력 및 창의력, 문제해결력 신장, 동기유발을 통한 능동적인 학습 참여 유도 등을 목적으로 다양하게 활용되고 왔다[2]. 특히 학습자의 학습효과를 높이기 위한 방안으로 자기 주도적 학습, 자기조절학습, 문항난이도의 적용 등의 방법이 이용되었다. 그러나 이러한 방법은 교수자의 주관적인 교육과정 진행이나 교수자에 의해 미리 설정된 교육과정에서 학습자가 제한적으로 학습과정을 진행하는 방법이 일반적이어서 학습자가 오프라인의 면대면 강의에서와 같은 즉각적이고 능동적인 효과를 가져 오기 어려웠다. 이에 따라 문항난이도[3, 6], 학습자의 특성[5] 등을 고려한 학습자 중심 학습의 연구가 진행되고 있다. 그러나 이러한 연구들도 학습자 개개인의 학습 능력에 따른 적응력 있는 학습 환경을 제시 할 수 없었다. 최근 이러한 웹기반 교수

* 종신회원 : 경희대학교 교양학부 조교수
hyjeong@khu.ac.kr
[2008/06/19 투고 - 2008/06/28 심사 - 2009/01/06 심사완료]

시스템들을 개선시키고자 하는 연구로서 적응적 기법들이 도입되고 있다. 적응적 교수 시스템은 다양한 학습자의 학습 배경, 학습목표, 선수학습 정도 등과 같은 학습자 특성을 고려하여 적합한 학습내용 및 방법을 웹 환경을 기반으로 제공할 수 있는 교수 시스템을 의미한다[4]. 웹 기반 콘텐츠 개발방법 측면에서의 다른 변화로는 웹 서비스의 적용을 들 수 있다. 이는 기존의 학습자 요구에 따른 절차지향 처리에서 요구 프로세스를 웹이 담당하는 방법이다. 웹 서비스는 자기포함, 자기분배, 실행 가능한 모듈러 애플리케이션, 접근 가능한 웹, 비즈니스 프로세스에 대한 단순 요구에 대해 실행 가능한 웹 기능들이다. 일반적인 SOAP 메시지 교환에 의한 방식 기반인 웹 서비스는 애플리케이션 통합을 위한 새로운 기술이라 할 수 있다[7].

따라서 본 연구에서는 웹 서비스 기반의 학습자 적응형 이러닝 시스템을 제안하고자 한다. 이는 웹 기반 학습 로직 개발의 효율성 및 운용의 다양성을 위해 웹 서비스 기반으로 하였으며, 적응형 이러닝 시스템에는 하이퍼텍스트 또는 하이퍼미디어의 탐색적 학습 환경을 통합한 형태인 적응적 하이퍼미디어 시스템 기법을 적용하였다. 또한 학습자의 학습 진행에 따라 학습문제를 출제하기 위하여 문항난이도를 적용하였다. 이를 통하여 학습자가 취약한 부분을 이러닝 시스템에서 자동으로 유도함으로서 학습자의 학습효과를 높이도록 하였다.

2. 관련연구

2.1 문항난이도와 적응적 학습

문항난이도는 학습자가 맞거나 틀린 문항에 대하여 보다 높은 학습효과를 위해 적절한 문항선택을 제공할 수 있다[8]. 본 연구는 문항반응이론[9, 12]에서 문항난이도만을 고려하는 1모수 로지스틱 모형을 적용하였다. 식 1은 문항의 난이도를 측정하기위한 식이다. 만일 학생A가 문항 1의 문제를 풀었는데 오답처리가 되었고 이 문항이 난이도가 매우 높은 상황이라는 결론이 나온다면 A를 위해서 난이도를 조정하는 작업이 필요하다. 식 2는 난이도 조정을 위한 식이다. 식 3은 학습자의 능력수준(p)을 평가하며, 문항 난이도와 능력의 차이값(β -δ)으로 나타낸다. 즉, β 가 δ 보다 크면 피검자가 문항을 맞출 확률이 1/2 이상, β 가 δ 보다 작으면 피검자가 문항을 맞출 확률이 1/2 이하, β 가 δ 보다 같으면 피검자가 문항을 맞출 확률이 1/2 이 된다[10].

$$\delta = \sum_{i=0}^{i} \frac{n}{N} \quad (1)$$

N : 총 피험자
n : 답을 맞힌 피험자 수

δ =ω ×δ (init) +(1-ω)×δ (used) (2)
ω : weight values, δ (init) : 초기 난이도 값
δ (used) : 계산된 난이도 값

p (x =1/β ,δ)=$\frac{\exp(\beta-\delta)}{1+\exp(\beta-\delta)}$ (3)
β : 맞춘 문항의 수, δ : 문항 난이도

적응적 웹 기반 학습은 학습자의 학습 요구와 특성을 수용하여 적응적 학습 환경을 만드는 것이 목적이다. 적응적 웹 기반 학습은 크게 웹 기반 지능적 교수시스템과 웹 기반 적응적 하이퍼미디어 시스템으로 분류되고 있다. 이는 컴퓨터 보조학습(CAI)분야에서의 대립되는 두 가지 접근방법 즉, 보다 지시적인 교수자 중심의 전통적인 인공지능을 기반으로 활용하는 시스템과 보다 유연한 학습자 중심의 탐색기법을 기반으로 활용하는 하이퍼미디어시스템을 통합하고 있다. 학습양식과 적응적 웹 기반 학습 시스템을 결합하는 방법은 크게 두 가지이다. 첫째는 학습양식에 대한 진단 및 판정과 이에 기초한 적응적 웹 기반 학습 환경의 구성이다. 둘째는 학습자가 웹 기반 학습

환경과 지속적인 상호작용을 하고, 이에 기초하여 학습양식을 추론하며, 결국에는 적응적인 웹 기반 학습 환경을 구성해 주는 것이다[11].

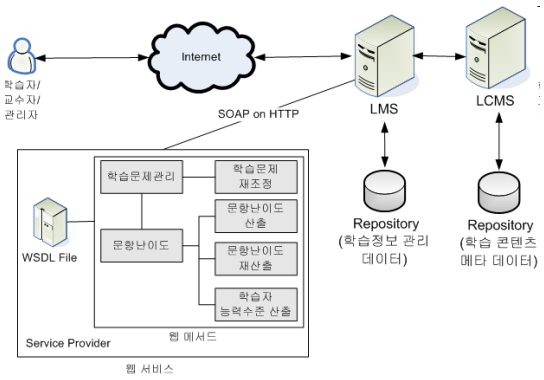
2.2 선행연구

적응적 학습을 지원하기 위한 연구로서, [4]의 연구는 적응적 학습방법의 적용을 위하여 지능형 학습방법으로 퍼지기반을 도입하였다. 이러한 방법은 학습자의 요구사항을 시스템이 자동으로 분석 및 해석하여 능동적으로 대처할 수 있다는 장점을 준다. 그러나 학습콘텐츠만을 가지는 기존의 학습 시스템에서 인공지능을 위한 별도의 복잡한 로직이 필요하며 이를 운용하기위한 신뢰성 있는 운용방법도 필요하다. [11]의 연구는 학습 콘텐츠를 기반으로 선행학습, 진단, 평가를 통해 학습자에게 적절한 학습 진도 및 수준 등을 조치하도록 하였다. 이는 선행학습을 통하여 학습자의 학습수준을 분석하고 이에 맞는 학습수준이나 진도, 학습 콘텐츠등을 제공하는 방식이다. 그러나 선행학습시에만 학습 진단 평가를 수행하여 학습전반의 과정을 결정함으로서 학습과정 중에 학습자의 수준이나 변화에 맞는 학습의 변경 및 적용이 어려웠다. 또한 문항난이도를 도입하지 않고 학습 콘텐츠를 기반으로 학습평가를 진행함으로서 학습자에게 보다 정확한 학습을 반영하기 어려웠다. [13]의 연구에서는 TOEFL CBT를 기반으로 한 학습자 적응형 학습 시스템을 구현하였다. 이는 문제기반 학습의 예시 중 하나인 TOEFL시험을 통해, 학습자가 정,오답을 한 경우에 따라 미리 설정된 문제의 난이도 가중치를 고려하여 다음 문제의 유형을 변경하였다. 그러나 난이도 설정시 교수자에 의한 학습 난이도를 기반으로 가중치만을 설정하여 적용함으로서 보다 정확한 난이도가 적용되지 못하였으며, 난이도의 가중치 조절만으로 학습 콘텐츠의 적응형 학습을 지원함으로서 학습자나 콘텐츠의 특성을 반영하지 못하였다.

3. 웹서비스 기반 적응적 이러닝 시스템

3.1 적응적 이러닝 시스템 구성

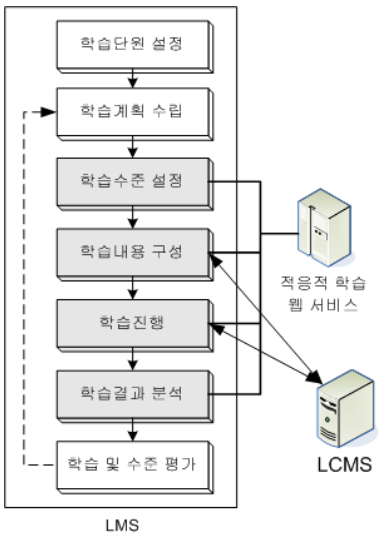
문항난이도를 이용한 적응적 학습을 위한 이러닝 시스템은 웹 서비스를 기반으로 처리 및 운용하였다. 그림 1은 본 이러닝 시스템의 배경도를 나타낸다.



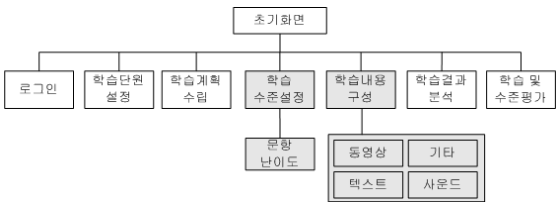
(그림 1) 웹 서비스 기반 적응적 학습 시스템 배경도

이는 적응적 학습에 필요한 각 로직은 웹 메서드를 통해 구현하였으며, 각 웹 메서드의 기능에서 필요한 정보들은 LMS에 접속하여 필요한 학습정보, 학습 콘텐츠 정보등을 가져오도록 하였다. 이를 통해 본 적응적 학습이 필요한 다른 LMS에서도 학습전략 구성에 필요한 학습문제관리, 문항난이도, 학습결과분석 등의 기능을 사용할 수 있도록 하였다. 또한 적응적 학습의 진행을 위한 LMS의 로직은 그림 2와 같다. 학습자는 LMS를 통해 학습단원, 계획수립, 학습 난이도 및 문항난이도를 고려한 학습수준 설정, 학습내용구성 등을 통해 학습을 진행할 수 있으며, 학습결과분석 및 평가를 수행할 수 있다. 이때 적응적 학습 진행에 따른 학습문제관리와 문항난이도 산출은 웹 서비스를 이용하며, 학습내용구성 및 진행에서는 LCMS를 참조하여 학습 콘텐츠를 구성하였다. 산출된 난이도는 LMS에 저장된다. 학습난이도는 학습내용의 난이도를 의미하며 교수자에

의해 미리 설계된 학습내용의 난이도 구성을 나타낸다. 학습문제는 문항난이도에 의해 적용된다. 학습구성은 그림 3과 같이 나타낸다.



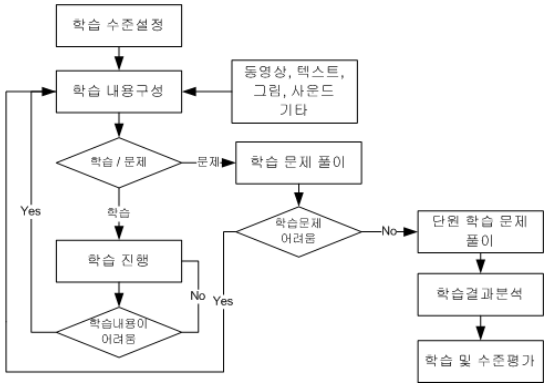
(그림 2) 적응적 학습을 위한 LMS 로직 구성



(그림 3) 학습 구성도

3.2 적응적 학습 전략

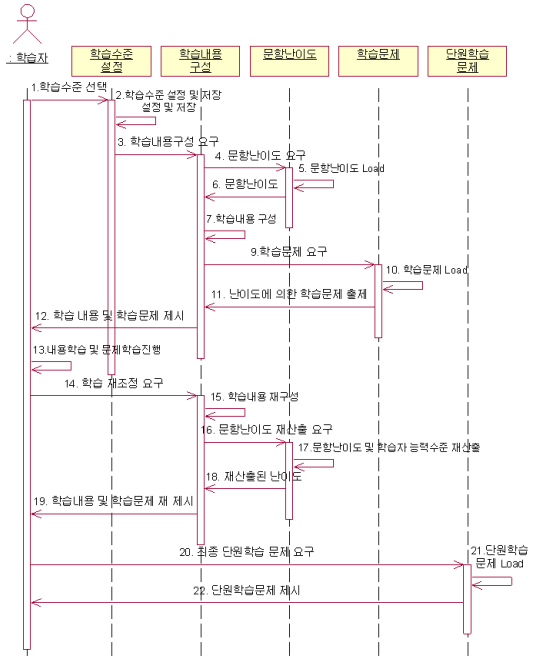
본 연구에서 적용한 적응적 학습 전략은 웹 기반 적응적 하이퍼미디어 시스템 방식을 이용하였다. 이를 위하여 각 학습과정의 학습내용은 상, 중, 하로 구성하였으며, 학습문제는 상, 상중, 중, 중하, 하의 5단계 난이도에 따라 구성하였다. 학습의 방식은 그림 4와 같이 학습자가 학습진행 중 오답을 처리하거나 어렵다고 답할 경우 다음의 학습에서 학습내용의 난이도를 조정하도록 하였으며, 그림 5의 학습수준결정과 학습내용구성 부분에서 이를 처리하였다.



(그림 4) 적응적 학습 진행 과정

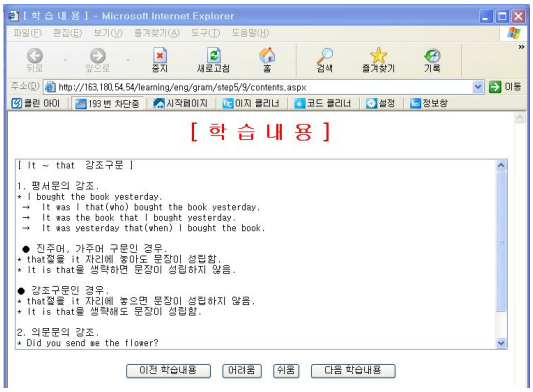
학습자는 학습전에 학습수준을 설정하며 학습난이도와 문항난이도를 같이 고려하게 된다. 학습내용은 미리 교수자가 학습콘텐츠를 구성할 때 설정한 학습난이도가 지정되어 있으며, 학습문제는 문항난이도에의 의해 적용되었고, 학습자가 선택한 난이도에 따라 학습내용 및 문제가 구성된다. 학습자는 문제풀이 전에 학습내용을 학습하며, 학습내용이 어려울 경우 학습 진행 중에도 난이도를 재구성할 수 있다. 내용학습이 모두 종료되면 학습문제를 풀도록 하였다. 이때에도 학습자는 문제의 난이도를 재구성하면서 문제를 풀 수 있다. 이러한 내용학습과 문제풀이가 모두 종료되면, 학습자는 최종 단원학습문제를 푼다. 이때에는 난이도 구성이 되지 않으며, 학습자는 그동안의 학습을 통한 지식을 바탕으로 최종 단원학습을 풀고 그 결과를 분석 및 평가할 수 있다. 이는 오프라인 학습의 경우 언제든 학습자가 쉽고 어려운 부분을 선택하며 학습을 할 수 있지만 이러닝의 경우는 이러한 유연성을 가지기 어려우므로 본 연구의 학습에서 학습콘텐츠 조정을 통한 적응적 하이퍼미디어 시스템 방식으로 이를 지원하였다. 본 학습 로직들의 처리과정은 그림 5와 같이 나타낸다. 적응적 학습을 위해 학습자는 난이도에 의한 학습수준을 선택하게 된다. 이때 교수자에 의해 미리 설계된 학습난이도에 의한 학습내용과 문항난이도에 의한 학습문제 등을 구성된다. 학습자의 난이도 선택에 따라 학습내용 및 문

제가 구성되면 학습이 진행되고, 학습의 진행도중 학습내용이 어렵거나 쉬울 경우 난이도 단계를 재조정할 수 있다. 학습내용의 경우 학습난이도를 변경한 학습내용이 학습자에게 제시되며, 학습문제의 경우 학습자가 오답을 제시하면 문항난이도는 재 산출되어 다음문제에 반영하게 된다. 모든 학습과정이 종료되면 최종 단원학습을 통하여 학습자의 학습결과를 평가할 수 있다. 이때 난이도 조정은 불가하며 문제은행에서 추출된 단원학습 문제가 제시된다.



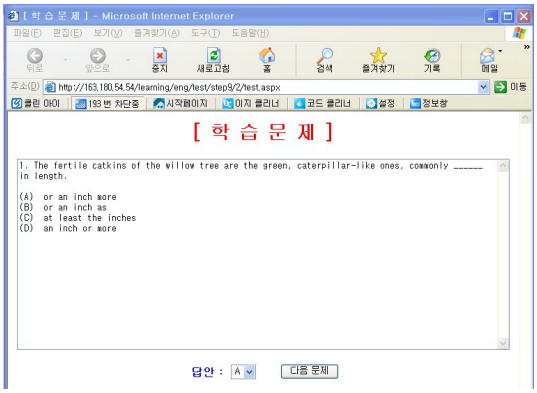
(그림 5) 적응적 학습 시퀀스 다이어그램

그림 6은 학습자의 난이도 선택에 따라 제시된 학습내용을 나타내며, 내용학습 중 어려움 또는 쉬움을 선택하여 난이도를 변경한 학습내용을 볼 수 있다.



(그림 6) 학습내용

그림 7은 학습문제 풀이를 나타내며 학습문제 풀이 중에 오답을 제시하면 문항난이도는 재 산출되고 다음문제에 재 산출된 난이도가 적용된다.



(그림 7) 학습문제

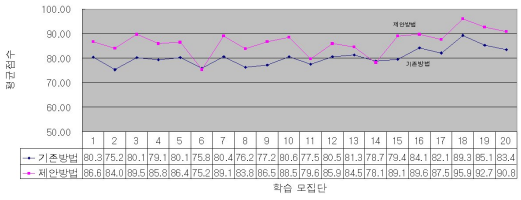
4. 적용결과

본 연구는 학습자의 수준에 맞는 학습 선택에 따라 학습을 진행할 수 있는 적응적 학습을 지원하였다. 표 1은 교수자에 의해 설계된 학습내용의 구성을 나타낸다. 교수자는 학습내용을 구성시 학습내용의 수준을 고려하여 상, 중, 하의 단계로 각각 제작하였다. 적용학습은 영어문법 및 문제 학습이며 단원 1은 10개의 내용으로 제작되었다. 일반적으로 각 학습내용에서 난이도가 “상“인 경우

는 텍스트나 그림으로 구성된 반면에 ”하“의 경우는 동영상이나 사운드 등이 추가되었다. 이를 통하여 학습자가 내용학습을 진행하는 중 ”어려움“이나 ”쉬움“을 선택하게 되면 다음 학습내용은 난이도가 변경된 학습내용을 제시하게 된다.

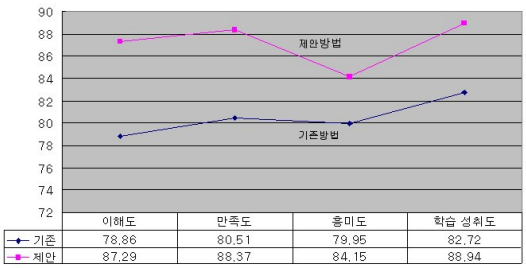
(표 1) 교수자에 의한 학습내용 구성

단원		난이도	텍스트	그림	동영상	사운드
단원	내용					
1	1	상	○			
	1	중	○	○		○
	1	하	○		○	
	2	상	○			
	2	중	○	○		
	2	하			○	
	3	상	○	○		
	3	중	○	○		○
	3	하	○		○	
	4	상	○			
	4	중	○			
	4	하	○	○		○
	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:



(그림 8) 적용 결과 및 비교

학습문제의 경우는 단원의 10개 학습내용 각각에 대하여 상, 상중, 중, 중하, 하의 단계에 따라 3문제씩 제작하였으며, 학습문제 풀이 중 오답이 제시되면 재 산출된 문항난이도에 따라 다음의 학습문제 3개중 하나를 무작위로 제시하였다. 단원의 최종학습문제는 70문제를 제작하였으며, 이는 문제은행에 저장하였고 문항난이도 조절 없이 무작위로 10문제를 추출하여 학습자에게 제시하였다. 학습 모집단은 비슷한 학습수준을 가지는 20명을 선발하였다. 그림 8은 학습모집단을 대상으로 기존의 방법과 제안방법을 통해 학습된 결과를 나타낸다. 즉, 기존의 방법에 따라 교수자에 의해 미리 설정된 과정을 통해 학습을 진행한 후 최종 단원학습문제를 푼 결과와 제안방법을 통해 학습을 진행한 후 단원학습문제를 푼 결과의 비교이다. 이러한 과정은 각각 10회 이상 학습을 진행하여 그 평균값을 산출하였다. 이를 통해 학습 모집단의 학습자 개인차이가 있었지만, 제안방법에 의한 학습은 전체평균 86.49이었으며, 기존의 학습방법은 전체평균 80.36점으로서 제안방법이 기존의 학습방법보다 전체평균 6.12점이 향상되었음을 알 수 있었다. 그림 9는 학습후의 학습만족도를 나타낸다. 즉, 학습후의 학습이해도를 묻는 질문에는 8.43의 차이를 보였으며, 만족도는 7.86, 흥미도는 4.2 그리고 학습 성취도는 6.22의 차이를 보였다.



(그림 9) 학습 만족도

5. 결 론

본 연구에서는 적응적 학습을 위한 이러닝 시스템을 제시하였다. 적응적 학습의 적용은 학습 콘텐츠를 학습자에게 맞추는 형태인 웹 기반 적응적 하이퍼미디어 시스템 방식을 택하였다. 즉, 학습자가 학습과정 중 난이도를 조절할 수 있도록 하였으며, 이를 위해 학습난이도와 문항난이도를 지원하였다. 교수자는 학습내용을 구성 시 학습내용의 난이도를 고려하여 제작하여야 하며, 이때의 학습난이도는 상, 중, 하의 3단계로 제작하도록 하였다. 학습문제에 대해서는 학습자가 문제풀이 시 오답을 선택하면 문항난이도를 재산출하여 다음의 학습에 반영하도록 하였다. 또한 학습문제관리와 문

항난이도 산출부분은 웹 서비스로 제작함으로서 이를 필요로 하는 다른 이러닝 시스템의 로직에서도 사용이 가능하도록 하였다. 본 제안방법의 적용결과 비슷한 학습수준을 가지는 학습모집단 20명을 대상으로 학습을 실시한 결과 제안방법이 평균 6.12점이 향상되었음을 알 수 있었다.

그러나 본 제안방법은 교수자가 학습내용을 설계시 학습내용이 동일하더라도 학습난이도별로 다르게 학습내용을 제작하여야 하는 부담이 있다. 또한 학습의 신뢰성을 위해 보다 많은 학습 모집단에 대한 시험이 이루어져야 하며, 학습내용이나 문제도 더욱 세밀히 분류하여 학습자에게 제공하여야 한다.

참 고 문 헌

[1] 김태영외 3인, "미래교육 시나리오에 기반한 e-러닝 표준화 로드맵 v2 연구", 한국교육학술정보원 연구보고 KR 2005-28, 2005.

[2] 이준희, "이러닝에서 효율적인 시뮬레이션 기반 콘텐츠 설계", 한국콘텐츠학회논문지 Vol. 5, No. 5, 2005.

[3] 정화영, "문항교정난이도를 이용한 컴포넌트 기반의 자기 주도적 E-Learning 시스템", 한국인터넷정보학회 논문지 Vol.7, No.6, 2006.

[4] 최숙영 외 2인, "문항반응 이론에 의한 컴퓨터 적응적 평가와 동적 학습내용 구성에 기반한 적응형 교수 시스템", 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제32권 제5호, 2005.

[5] 김명희 외 2인, "학습자 특성을 고려한 적응적 학습 관리 시스템의 설계 및 구현", 한국콘텐츠학회논문지 제4권 제1호, 2004.

[6] Rita Kuo, etc at al, "Difficulty Analysis for Learners in Problem Solving Process based on the Knowledge Map", Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE, 2003.

[7] K. Gottschalk, et, al., Introduction to Web services architecture, IBM Systems Journal, Vol 41, 170 No 2, 2002.

[8] Raymond M. Zurawski, "Making the Most of Exams: Procedures for Item Analysis", The National Teaching & Learning Forum, Vol. 7, No. 6, 1998.

[9] Ivailo Partchev, A visual guide to item response theory, E-Book of Friedrich-Schiller-Universitat Jena, 2004.

[10] 김천식, 정명희, "IRT와 데이터 마이닝을 이용한 효과적인 평가 및 추천시스템", 한국컴퓨터정보학회 논문지 제11권 제4호, 2006.

[11] 강신천, 박혜진, "학습양식에 따른 개별화 학습 지원 시스템이 학습만족도에 미치는 영향", 열린교육연구 Vol.14, No.2, 2006.

[12] Frank B. Baker, "The Basics of Item Response Theory", ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2001.

[13] 조성호, "컴퓨터기반 시험 시스템 설계 및 구축", 한국콘텐츠학회 논문지 제5권 제1호., 2005.

◐ 저 자 소 개 ◑

정 화 영 (Hwa-Young Jeong)

1994년 경희대학교 전자계산공학과 공학석사
2004년 경희대학교 전자계산공학과 공학박사
1994~1998년 (주)아주시스템 기술연구소 전임연구원
2000~2005년 예원예술대학교 게임영상학부/정보경영학부 조교수
2005~현재 경희대학교 교양학부 조교수
관심분야 : 소프트웨어 공학, 웹 기반 교육, 웹 서비스.
E-mail : hyjeong@khu.ac.kr