개인 맞춤형 운전면허 학습시스템 설계

VA Design of Personalized e-Learning System for the Driver's License Test in Korea

오용선
목원대학교

Yong-Sun Oh
Mokwon University

요약

본 논문에서는 인터넷을 통한 운전면허 학과시험 학습시스템을 설계한다. 문항반응이론에 의거하여 학습자 능력모수를 정확히 측정하고, 측정된 학습자의 능력에 따라 최적의 평가문제와 학습콘텐츠를 동적으로 제공함으로써, 짧은 시간에 효과적으로 합격에 도달할 수 있도록 하는 개인 맞춤형 이러닝 시스템을 제안한다. 본 학습시스템은 콘텐츠 데이터베이스에 저장된 개념 단위 오브젝트 형태의 운전면허 학과시험용 학습콘텐츠들과 문제은행 데이터베이스에 저장된 운전면허 학과시험용 평가문제들을 연계하여, 학습자의 문항반응에 따라 최적의 문항과 콘텐츠를 제공할 수 있도록 설계된다. 각 문항들은 난이도, 변별도, 추측도의 문항모수를 보유한다. 또한 사용자 프로파일 데이터베이스에는 학습자들의 상태정보, 운전면허 학과시험용 평가문제들에 대한 피험자들의 문항반응을 유지 관리하고, 피험자들의 문항반응을 기초로 학습자 능력모수를 저장한다. 이들 데이터베이스는 인터페이스 에이전트, 콘텐츠 문항선택 & 피드백 에이전트 및 오프라인 추정기로 구성된 동작구조에 의하여 온라인 혹은 오프라인 형태의 동적 맞춤형 학습방식을 제공하여 최적의 학습과정을 제공한다.

Abstract

In this paper, we design an e-Learning system for the Driver's License Teste studying through the Internet. The proposed system make users to be arrived at the goal for the license in a shorter time by offering learning contents and items according to the item-responses made by the users based on the Item Response Theory. Moreover we design the scheme to give the optimum items and the most necessary content to the user during the learning procedure in the form of concept-based objects. All the items in the problem bank DB maintain their difficulties, discriminations, and guessing parameters as is the case of 3-parameter logistic model. In addition user profile DB stores users' status informations, item responses, and ability parameters. Using these structures and combining agents, we can offer the optimum learning process or dynamic personalized studying structure to the user. We can construct interface agent and content selection and feedback agent with the DB's described above. User can study without any awareness of system operations or personal fitting scheme.

Ⅰ. 서론

운전면허시험은 현대 사회에 자동차가 존재하는 한 필수적인 시험 제도이므로, 향후 상당 기간 동안 지속적으로 산업화가 확장될 것으로 예상된다. 그러나 기존의 서적을 통한 학습이나 학원 등 교습소를 통한 학습은 운전면허 취득을 위하여 과도한 시간과 비용을 소모할 뿐 아니라 학습효과 면에서도 비효율적인 것으로 평가되고 있다. 또한, 이러한 오프라인 학습의 단점과 비효율성을 극복하고 개인 맞춤형 학습을 제공할 수 있는 효율적인 온라인 운전면허 학과시험 학습시스템은 아직까지 제안된 바 없다.

맞춤형 학습시스템에 관한 연구와 개발은 2000

년대 들어 상당한 진척을 보여, 다양한 제안과 시스템 설계방식들이 개시되어 있다. 특히 대한민국 특허로 등록된 시스템 중에는 '맞춤형 온라인 교육시스템 및 교육방법', '인터넷 학습시스템 및 학습방법', '학습자 특성을 고려한 개인화 학습을 지원하는 학습환경 관리시스템의 원격 교육방법' 등에 관한 설계가 알려져 있다[1][2][3]. 특히 저자의 '개념단위 오브젝트별 분기방식에 의한 적응형 학습시스템'의 원리는 소단위로 학습콘텐츠를 분리하여 학습자에게 제공할 수 있는 근거를 마련하였다고 본다[4].

한편, 개인 맞춤형 온라인 교육에 관한 연구들은 외국의 사례에서 많이 발견되는데, 주로 문항반응이론(IRT: Item Response Theory)[5]에 의한 평가와 그 결과에 따른 학습내용 구성을 요지로 하는 연구들이 이루어지고 있다[6][7]. 국내에서도 상당한 수준의 맞춤형 학습체계가 공교육 및 사교육의 대안으로 개발되어 제시된 바 있다[8][9].

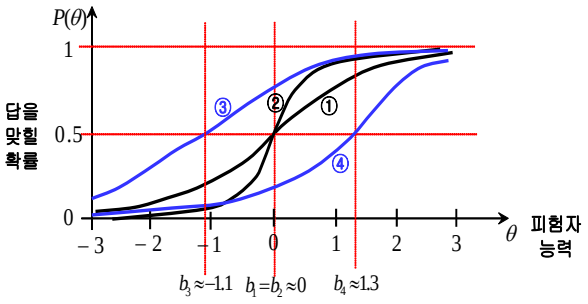
운전면허 학과시험은 5지 선다형으로 정형화되어 있어 IRT 등을 적용하기가 매우 용이한데도 불구하고 아직까지 그 구축이 시도된 바 없다. 이에, 본 논문에서는 온라인 및 오프라인으로 추정되는 모수를 이용하여 문항반응이론을 적용하는 운전면허 학습시스템을 구축하여 새로운 개념의 맞춤형 이러닝 시스템의 효과를 구하고자 한다. IRT의 모델로는 3-모수 로지스틱을 도입하고, 문항의 모수는 오프라인 추정기에 의하여 일정기간에 한 번씩 추정하고, 사용자 능력모수는 온라인으로 동적 추정(dynamic estimation)하며, 문제 및 콘텐츠 학습은 단원 혹은 문항반응에 따라 제공하는 효율적인 맞춤형 학습시스템을 설계하고자 하는 것이다.

Ⅱ. 문항 특성곡선과 문항반응 모델

1. 문항특성곡선과 문항모수

본 논문에서 활용하는 문항특성곡선과 문항모수는 BILOG-MG에서 제공하는 3-모수 로지스틱(Logistic) 모델에 따른다[10].

그림1은 몇 가지 문항특성곡선의 형태와 그들의 문항모수를 개념적으로 나타낸 것이다. 문항의 난이도(difficulty)는 '답을 맞힐 확률' $P(\theta)=0.5$인 점에서의 피험자 능력값 θ를 말하며 "b"로 표시한다. 문항의 변별도(discrimination)는 $P(\theta)=0.5$인 점에서의 ICC의 기울기로 "a"로 표시하며, 마지막으로 추측도(guessing parameter)는 능력이 전혀 없는 피험자가 문항의 답을 맞힐 확률을 말하며, 문항특성곡선의 좌단이 표시하는 확률값으로 정한다. 주지하는 바와 같이, 그림1의 문항④는 문항③에 비하여 난이도가 높으며, 문항②는 문항①에 비하여 난이도는 같으나 변별도가 높다. 또한 문항③은 그림에 나타낸 네 개의 문항 중 추측도가 가장 크다. 일반적으로 운전면허 학과시험에 나오는 5지 선다형 문항은 거의 일정한 추측도를 갖는다고 볼 수 있다[11].



▶▶ 그림 1. 문항특성곡선과 문항모수

2. 문항반응 모델

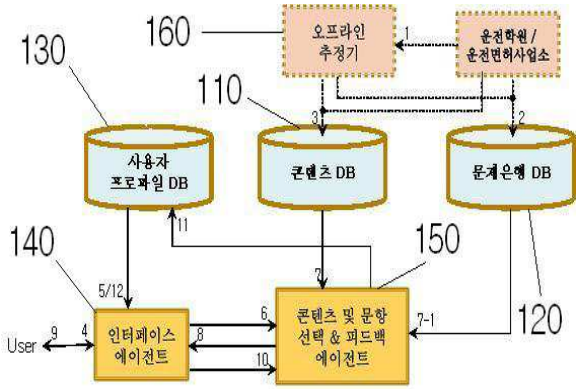
본 논문에서 활용하는 3-모수 로지스틱 모델은 '답을 맞힐 확률'과 '피험자 능력'의 관계를 다음과 같이 정의하고 있다[5][9].

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

이 모델은 정규 오자이브 모델에 비하여 상대적으로 계산량이 작아 실시간으로 모수를 추정해야 하는 운전면허 학습시스템에의 적용에 유리하다. 또한, 본 논문에서 추측도를 포함하는 3-모수 모델을 적용하고자 하는 이유는 운전면허 학습시스템에서 제공하는 문항들이 모두 '5지 선다형(multiple choice)'이기 때문이다.

Ⅲ. 운전면허 학과시험 학습시스템

운전면허시험은 현대사회에 자동차가 존재하는 한 필수적인 시험 제도이므로, 향후 상당 기간 동안 지속적으로 산업화가 확장될 것으로 예상된다. 그러나, 기존의 서적을 통한 학습이나 학원 등 교습소를 통한 학습은 운전면허 취득을 위하여 과도한 시간과 비용을 소모할 뿐 아니라 학습효과 면에서도 비효율적인 것으로 평가되고 있다. 이 장에서는 지금까지 전개한 문항반응이론의 맞춤형 학습시스템 구축방식을 이용하여 맞춤형 학습을 제공하는 운전면허 학습시스템을 구성하고 상세한 동작을 제시한다. 학습시스템의 구성은 [6][7]에서 제안하고 있는 학습시스템을 본 논문에서 요구하는 운전면허 학습시스템의 맞춤형 학습 과정에 적합하도록 수정하고, 시스템 보정 및 모수 재추정을 위한 오프라인 추정과정을 포함하여 그림2와 같이 설계하였다.



▶▶ 그림 2. 운전면허 학습시스템 프레임워크

1. 문제 제기 및 프레임워크 구성

본 논문이 제안하는 운전면허 학습시스템은 상기한 바와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 문항반응이론에 근거하여 학습자 능력모수를 동적으로 측정하고, 측정된 학습자의 능력에 따라 최적의 평가문제와 학습콘텐츠를 제공함으로써 단시간에 학습자의 능력을 향상시켜 합격에 도달하게 하는 맞춤형 운전면허 학과시험 학습시스템을 제공하고자 하는 것이다.

이를 위하여, 본 논문에서는 개념 단위 오브젝트 형태의 운전면허 학과시험용 학습콘텐츠들을 유지 관리하는 콘텐츠 데이터베이스, 운전면허 학과시험용 평가문제들을 학습 콘텐츠들과 연계하여 유지 관리하고, 각 문항에 대한 난이도, 변별도, 추측도의 문항모수를 보유하는 문제은행 데이터베이스, 학습자들의 상태정보, 상기 운전면허 학과시험용 평가문제들에 대한 피험자들의 문항반응벡터를 유지 관리하고, 문항반응벡터를 기초로 측정된 학습자 능력모수를 동적으로 유지하는 사용자 프로파일 데이터베이스로 구성하고, 학습자가 제공한 학습자 ID, 비밀번호, 상태정보, 및 질문을 처리하고, 학습자가 상기 평가문제를 푼 후, 전달한 학습자 문항반응을 중계하는 인터페이스 에이전트, 사용자 프로파일 데이터베이스에 저장된 학습자 능력모수에 따른 콘텐츠의 연계에 따라 동적으로 발생하는 평가문제를 인터페이스 에이전트를 통하여 학습자에게 제공하고, 인터페이스 에이전트로부터의 평가문제에 대한 학습자 문항반응를 분석하여 새로운 학습자 능력모수를 재 추정하고, 재추정된 학습자 능력모수에 따라 최적 학습콘텐츠를 인터페이스 에이전트를 통하여 학습자에 제공하는 콘텐츠/문항 선택 & 피드백 에이전트를 포함하여 구성한다.

2. 코스의 선택에 따른 동작

본 운전면허 학습시스템에 접속한 학습자가 초심자 코스를 선택한 경우, 인터페이스 에이전트는 콘텐츠 데이터베이스에 저장된 학습콘텐츠 중에서 초심자 코스에 적합한 학습콘텐츠 오브젝트를 학습자에게 전달하고, 학습자가 맞춤형 코스를 선택한 경우, 인터페이스 에이전트는 사용자 프로파일 데이터베이스에 저장된 학습자의 능력모수를 추출하여 콘텐츠/문항 선택 & 피드백 에이전트로 전달하고, 학습자가 모의시험 코스를 선택한 경우, 인터페이스 에이전트는 문제은행 데이터베이스에 저장된 평가문제들에서 모의시험에 해당하는 평가문제를 추출하여 학습자에 전달한다.

여기서 콘텐츠/문항 선택 & 피드백 에이전트는 학습자 능력모수 및 평가문제에 속한 각 문항들의 난이도를 비교하여 다음 식(2)로 표현된 제곱평균오류를 최소로 하는 평가문제를 선택하고,

$$\overline{E_i^2} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{N}(\theta - b_i)^2,\ i = 1,2,\cdots,N \qquad (2)$$

여기서 N은 해당 평가문제 내에 존재하는 문항의 수이다. 또한 학습자 능력모수 θ는 맞춤형 학습의 진행에 따라 계속 변화하는 양이다. 이 때, 콘텐츠/문항 선택 & 피드백 에이전트에 의해 재추정된 새로운 학습자 능력모수는 다음 식(3)과 같이 표현된다.

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

여기서 a_i는 i번째 문항의 변별도이며, U_i는 i번째 문항에 대한 문항반응으로 정답이면 "1" 값을 오답이면 "0" 값을 갖는다.

본 논문에서 제안하는 맞춤형 운전면허 학습시스템은 운전면허 학과시험에 사용될 모든 문항 및 각 문항에 대한 피험자들의 문항반응벡터를 입력받아 난이도, 변별도, 추측도로 이루어진 각 문항모수를 추정하고, 일정한 간격을 두고 다수의 피험자들이 제공하는 문항반응을 각각 입력받아 문항모수를 재추정하는 Bilog-Mg 오프라인 추정기를 더 포함한다.

3. 운전면허 학습시스템의 효과

본 논문에서 제안하는 운전면허 학습시스템에 따르면, 문항반응이론에 근거하여 학습자 능력모수를 정확히 평가하고, 평가된 학습자의 능력에 따라 최적 평가문제와 학습콘텐츠를 제공함으로써 운전면허 학과시험을 인터넷을 통하여 효과적으로 학습할 수 있도록 한다. 따라서 사용자는 빠른 시간에 가장 효과적으로 운전면허를 취득하도록 한다. 이는 기존의 서적을 통한 학습과 학원 학습 등 오프라인 학습을 대체하는 시장 창출이 기대된다. 또한 모바일 학습을 통한 운전면허 시험공부는 현대 사회의 바쁜 일상 속에서 이동 중이나 휴식 중과 같이 유휴 시간을 활용한다는 측면에서 사회적 비용과 시간을 크게 절약할 수 있다.

4. 운전면허 학습시스템 구축을 위한 구체화

본 논문에서 제안하는 운전면허 학습시스템은 그림2에 보인 바와 같이 콘텐츠 데이터베이스(110), 문제은행 데이터베이스(120), 사용자 프로파일 데이터베이스(130), 인터페이스(IF) 에이전트(140), 및 콘텐츠/문항 선택 & 피드백(CF) 에이전트(150)로 구성된다.

콘텐츠 데이터베이스(110)는 개념 단위 오브젝트 형태의 운전면허 학과시험용 학습콘텐츠들을 유지 관리한다. 콘텐츠 DB(110)에 저장된 콘텐츠 오브젝트들은 운전면허 학과시험의 단원과 소단원으로 구분되는 소속을 유지하며, 문제은행 DB(120)에 저장된 문항들과도 단원 및 소단원으로 구분되는 소속으로 연계되어 있다. 따라서, 학습자의 문항반응에 따라 오답된 문제를 분석하면, 그 학습자에게 가장 적절한 콘텐츠 오브젝트들을 선택할 수 있다. 같은 단원 및 소단원에 속한 콘텐츠 오브젝트들이 다양하게 존재하면, 이를 난이도별로 구분하여 학습자의 능력모수에 따라 제공할 수 있다.

문제은행 데이터베이스(120)는 운전면허 학과시험용 평가문제들을 학습콘텐츠들과 연계하여 유지 관리한다. 문제은행 DB(120)의 특징은, 모든 문항들이 각각 단원 및 소단원별로 콘텐츠 DB(110)의 콘텐츠 오브젝트들과 연계되어 있다는 점과 각 문항은 오프라인 추정기에 의하여 기 추정된 난이도, 변별도, 추측도 등 문항모수들을 보유하고 있다는 점이다. 이러한 문항모수들은 일정한 기간(예를 들어 6개월 정도)을 주기로 재추정하여 갱신할 수 있다. 문항모수에 대한 오프라인 추정에는 BILOG-MG등 오프라인 추정기를 사용한다. 또한, 문제은행 DB(120)에는 50문항으로 구성된 모의시험, 20/30 문항으로 구성된 수시시험, 10문항으로 구성된 퀴즈 등 "평가문제지"가 유지 관리되고 있다. 이들은 학습자의 능력모수 및 선호도를 분석하는 CF 에이전트(150)의 선택에 따라 가장 적절한 상태로 학습자에게 제공된다. 또한, 이에 대한 학습자들의 문항반응은 피드백되어 학습자 능력모수의 재추정과 일정기간 동안 누적되어 문항모수의 오프라인 추정에 활용된다.

사용자 프로파일 데이터베이스(130)는 학습자들의 상태정보, 과금 및 회계정보, 문항반응벡터, 콘텐츠 학습정보 등을 유지 관리하고, 상기 학습자들의 문항반응벡터를 기반으로 동적으로 추정되는 학습자 능력모수를 저장한다. 이는 IF 에이전트(140)와의 상호작용으로 현재의 학습자 능력모수를 전달하고, 이것이 CF 에이전트(140)에 의하여 갱신되면 이를 변경함으로써 최신의 학습자 능력모수를 유지한다.

인터페이스(IF) 에이전트(140)는 학습자가 제공한 학습자 ID 및 비밀번호를 비롯한 상태정보와 질문(query)

을 처리하고, 학습자가 평가문제를 푼 후, 전달한 학습자 문항반응을 중계한다. IF 에이전트(140)는 전형적인 HCI(Human-Computer Interface)를 구현하는 프로그램으로, 학습시스템에서 중시하는 콘텐츠 오브젝트와 평가문제들을 학습자에게 전달 및 디스플레이하고, 이에 대한 학습자의 문항반응을 CF 에이전트(150)에 전달하는 중요한 역할을 한다. 또한 시스템이 상업적으로 활용될 때, 필요에 따라 과금정보 및 회계정보의 전달과 결제계통의 연계도 구현할 수 있다.

콘텐츠/문항 선택 & 피드백(CF) 에이전트(150)는 사용자 프로파일 데이터베이스에 저장된 학습자 능력모수에 따른 콘텐츠의 연계에 따라 동적으로 발생하는 평가문제를 IF 에이전트(140)를 통하여 학습자에게 제공한다. CF 에이전트(150)는 IF 에이전트(140)로부터의 평가문제에 대한 학습자 문항반응을 분석하여 새로운 학습자 능력모수를 재추정한다. CF 에이전트(150)는 이와 같이 재추정된 새로운 학습자 능력모수를 사용자 프로파일 데이터베이스에 저장한다. CF 에이전트(150)는 재추정된 학습자 능력모수에 따라 최적 학습콘텐츠를 IF 에이전트(140)를 통하여 학습자에게 제공하는 것이다.

CF 에이전트(150)는 학습자 능력모수의 동적추정(dynamic estimation)과 갱신 및 학습자 능력모수에 따른 문항을 선택하여 제공하는 역할을 수행하고, 학습자의 문항반응을 분석하여 가장 적절한 학습콘텐츠 오브젝트를 선택하여 제공하는 역할을 수행한다. 개인 맞춤형 학습의 제공은 학습자 능력모수의 동적추정과 이와 비교되는 문항 난이도, 그리고 학습자의 문항반응에 따라 최적의 학습콘텐츠를 제공함으로써 동적으로 일어나는 최적 문항 및 최적 콘텐츠 오브젝트의 선택과 제공이 관건이다. CF 에이전트(150)는 학습자 능력모수의 동적추정, 최적 평가문제 및 학습콘텐츠 오브젝트의 선택 및 제공을 구현하는 프로그램으로 개인 맞춤형 운전면허 학습시스템의 핵심이다.

본 운전면허 학습시스템은 모든 문항 및 각 문항에 대한 피험자들의 문항반응벡터를 입력받아 IRT를 근거로 하여 난이도, 변별도, 추측도로 이루어진 각 문항모수를 추정하고, 일정한 간격을 두고 다수의 피험자들이 제공하는 문항반응을 각각 입력받아 문항모수를 재추정하는 오프라인 추정기(160)를 포함한다.

그림2의 프레임워크에서 점선으로 표시된 부분이 바로 오프라인 추정기(160)인데, 이는 다음과 같은 두 가지 경우에 활용된다.

1) 시스템 구축 초기, 그동안 오프라인에서 시행되었던 운전면허 학과시험 문항들과 그들에 대한 피험자들의 문항반응을 입력하여, 각 문항에 대한 문항모수를 추정하기 위하여 활용한다. 이 때 추정된 문항모수들은 해당 문항과 함께 문제은행 DB에 저장된다.

2) 일정기간(예 6개월) 온라인 운영 후, 그동안 피험자들의 문항반응들을 누적시켜 이를 오프라인 추정기에 입력함으로써 각 문항에 대한 문항모수를 재추정하기 위하여 활용한다. 이 때 추정된 문항모수들은 해당 문항의 새로운 문항모수로 문제은행 DB를 갱신한다. 현재 시판되고 있는 오프라인 추정기 중에는 BILOG-MG가 가장 보편적으로 사용된다. 본 논문에서도 BILOG-MG를 활용하여, 3-모수 로지스틱 모형(3-parameter Logistic Model)으로 추정하고 있다.

5. 산업상 이용 가능성

본 논문에서 제안하는 운전면허 학습시스템은 산업상 이용 가능하다. 기술적 측면에서는 문항반응이론 기반 맞춤형 학습시스템의 기반 구조를 형성하고, 학습과정 속에서 동적으로 평가 및 학습을 연계한다. 이는 학습자의 능률 특성과 콘텐츠-문항의 특성을 온라인으로 연계시켜 최적의 개인 맞춤형 학습 객체를 제공하는 맞춤형 학습 기술의 핵심으로 다양한 분야의 이러닝 체계는 물론 모바일 콘텐츠 등 관련 산업 분야에도 큰 파급효과를 나타낼 것으로 예상된다. 모바일 학습시스템은 운전면허를 위해 별도의 시간을 할애할 수 없는 현대인들에게 언제, 어디서나, 다양한 단말기를 통하여 운전면허 학습을 제공함으로써 U-맞춤형 학습을 실현한다. 본 학습시스템이 국내의 운전면허시험 시장에 성공적으로 진입한다면, 수정 및 보완을 거쳐 외국의 운전면허 시장에 진입할 수 있을 것이며, 이에 따른 수출도 기대된다. 특히, IRT에 기반한 개인 맞춤형 학습시스템과 단말기 적응화를 통한 모바일 학습시스템은 이러닝 분야의 첨단기술로 다양한 활용 분야와 함께 산업적 파급효과도 매우 클 것으로 기대된다.

IV. 향후 연구 과제

본 논문에서는 운전면허 학과시험을 인터넷 혹은 모바일 단말기를 통하여 학습할 수 있는 학습시스템을 제안하고 설계하였다. 이는 기존의 오프라인에서 제공하고 있던 서적에 의한 학습이나 학원 학습 등을 대체할 수 있는 온라인 시스템으로, 학습자의 능력(ability)을 기준으로 최적의 학습객체를 동적으로 제공하며 교육평가 분야의 최근 경향인 문항반응이론(IRT)에 근거를 둔다.

본 연구가 지향하는 학습시스템은 운전면허 학과시험의 정규성 즉, "5지 선다형" 이라는 특성에 맞추어 구축되었다. 구축 초기에는 이러한 일차원성과 문항독립성을 만족한다고 가정하여 추정하지만, 시간이 지날수록 추정은 정확해질 것으로 예상할 수 있다. 향후, 본 시스템을 선다형 문항 뿐 아니라 자유형 혹은 주관식 문항 등이 섞여 있는 평가분야에도 적용한다면, 이들에 대한 검사동등화(test equating) 과정을 필요로 한다[8]. 이는 특히 동적인 학습시스템 운용에 있어 매우 적용하기 어렵다는 점을 간과할 수 없으므로 이 부분에 대한 연구도 심도 있게 이루어져야 할 것이다. 또한, 학습시스템은 다양한 사용자에 의하여 활용됨으로써 그 성능이 보증되고 맞춤형의 기능이 확보되는 것이기 때문에 향후 학습시스템을 오픈하여 다양한 활용을 겪어야 하는 숙제도 남기고 있다고 본다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] 김병철, "맞춤형 온라인 교육시스템 및 교육방법," 대한민국 특허 제10-0442420, 2004년 7월 20일.

[2] 이영희, "인터넷 학습시스템 및 그 학습방법," 대한민국 특허 제10-0438466, 2004년 6월 23일.

[3] 박상찬 외 3인, "학습자 특성을 고려한 개인화 학습을 지원하는 학습환경 관리시스템의 원격 교육방법," 대한민국 특허 제10-0501910, 2005년 7월 7일.

[4] 오용선, "개념단위 오브젝트별 분기방식을 적용한 교육용 디지털 콘텐츠 및 이를 이용한 디지털 콘텐츠 처리방법," 대한민국 특허 제10-0442417, 2004년 7월 20일.

[5] F. B. Baker and S. H. Kim, *Item Response Theory-Parameter Estimation Techniques*, 2nd. Ed., Marcel Dekker Inc., 2004.

[6] C. M. Chen, H. M. Lee, and Y. H. Chen, "Personalized e-Learning System Using Item Response Theory," Computers & Education, Vol.44, pp.237-255, 2005.

[7] C. M. Chen and L. J. Duh, "Personalized Web-based Tutoring Based on Fuzzy Item Response Theory," Expert Systems with Applications, Vol.34, pp.2298-2315, 2008.

[8] 황소림, "혼합 문항유형 검사의 가교문항 수에 따른 IRT 동등화 정확성 비교," 교육평가연구, 제20권, 제3호, pp.169-193, 2007.

[9] 성태제, 문항반응이론의 이해와 적용, 교육과학사, 2001.

[10] Mathilda du Toit, *IRT from SSI: Bilog-Mg*, Scienctific Software International, Inc., 2003.

[11] 오용선, "수평적 학습객체로 구성된 e-러닝 콘텐츠의 개인 맞춤형 학습시스템 구축 방안," 한국콘텐츠학회 2008 춘계종합학술대회 논문집, pp.725-731, 2008.5.30.