

베이저언 추론망 기반 지능형 온라인 퀴즈 저작도구의 개발

박 흥 준[†] · 전 영 국^{††}

요 약

본 논문에서는 교수자에게 학습자의 지식 요소별 진단을 해 주는 것이 가능한 지능형 온라인 퀴즈를 저작할 수 있도록 해주는 교육용 소프트웨어에 대하여 소개한다. 이 도구는 베이저언 추론망을 활용하여 학습 요소들 간의 관계를 표현함으로써 학습자 모델을 설계하고 베이저언 추론에 의해 학습자의 지식을 추론하는 진단 엔진을 자동적 생성한다. 또한 이 도구는 온라인 퀴즈 페이지를 생성하며 퀴즈 풀이 후에 학습자 보고서를 제시하며 학습자 개인별로 부족한 학습 요소를 보충하기 위한 콘텐츠를 제공하는 기능을 갖추고 있다. 저작 도구 자동생성 기법에 따라 개발된 이 지능형 온라인 퀴즈 저작도구는 학습자 개인의 부족한 학습 요소를 파악함으로써 그 진단 결과에 따른 학습전략 수립과 다음 학습 내용 선택 그리고 부족한 지식 요소를 보강하기 위한 보충학습을 수행하는데 도움을 주는 것으로 나타났다.

키워드 : 온라인 퀴즈, 학습자 진단, 퀴즈 저작 도구, 적응적 테스트

The Development of Intelligent On-line Quiz Authoring Tool based on Bayesian Inference Network

Hong-Joon Park[†] · Young-Cook Jun^{††}

ABSTRACT

In this paper, we present an on-line quiz authoring software that helps teachers create an intelligent on-line quiz. It is designed to give each student appropriate diagnostic report using Bayesian inference networks that represent the relationships among knowledge-items. Once the authors design and edit quizzes in quiz authoring page, the authoring tool automatically produces a knowledge-model based on Bayesian inference network, on-line quizzes, and student report pages. It turns out that the on-line quizzes generated by this tool help students identify their weak parts of subject, make learning strategies for the next learning steps and carry out supplementary learning for their weak knowledge-items.

Keywords : On-Line Quiz, Student Diagnosis, Quiz Authoring Tool, Adaptive Test

1. 서 론

이러닝(e-Learning)은 시공을 초월하여 다수의 참여와 다양한 교수-학습 활동을 가능하게 한다는 물리적인 장점 외에도 다양한 형태의 상호작용을 통하여 학습자 중심의 학습이 가능하여 교수자 중심에서 학습자 중심의 교육 패러다임 변화를 이끌 수 있는 중요한 도구로 인식되고 있다[1].

최근 온라인 상호작용의 주요 요소인 학습자간의 상호작용 및 학습 콘텐츠와 학습자간의 상호작용을 돕기 위해 여러 가지 상호작용 설계 및 다양한 교수학습 활동의 설계 및

적용이 가능한 LMS(learning management system)들이 개발되고 있는 이유도 이러한 패러다임 변화를 반증한다고 할 수 있다[2, 3]. 그러나 정작 학습자들이 자신의 학업 성취도를 자신의 지식 상태와 관련하여 스스로 평가하거나 진단 받아 자신만의 학습전략을 수립하고 차후 학습 콘텐츠를 결정하는데 도움을 받을 수 있는 진단 콘텐츠 저작도구가 탑재된 LMS는 아직까지 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 기존의 LMS에 임베딩하는데 전혀 문제가 없으며 단독으로도 학습자를 평가하고 진단할 수 있는 지능형 온라인 퀴즈 저작도구를 개발하였다.

교수학습 활동을 다양화 할 수 있는 시스템을 개발하는 일과는 달리 학습자의 수준을 지식 모델과 관련하여 평가하는 일은 인간의 추론능력과 관련된 작업이기 때문에 이러닝 시스템에 적합한 학습자 모델링 방법에 대한 연구와 실제 모델을 설계하는 기능 및 지식 모델로 구성된 인공지능 엔

* 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구 재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(R01-2008-000-12459-0).

† 정 회 원 : 순천대학교 교수학습개발센터 연구원

†† 정 회 원 : 순천대학교 컴퓨터교육과 교수

논문접수 : 2009년 6월 5일

심사완료 : 2009년 7월 21일

진을 웹에서 생성하는 기술이 필요하다. 그리고 이 진단 엔진의 입력과 출력을 표현해 줄 인터페이스를 제작하는 도구의 개발이 함께 이루어져야 한다.

본 연구에서 개발된 온라인 퀴즈 저작 도구는 이러한 학습자 지식 모델링과 추론 엔진 생성, 퀴즈 페이지와 진단 보고서 페이지 저작이 가능하도록 설계되어 교수자에게 베이저언 추론에 의해 학습자 진단을 해주는 온라인 평가를 쉽게 만들 수 있도록 해준다. 또한 학습자는 이렇게 만들어진 온라인 평가 콘텐츠에 접속하여 자신의 학습 내용별 수준을 진단 받을 수 있어, 자신의 점수와 수준이라는 단편적인 정보가 아닌 완전학습을 위해 필요한 자신의 부족한 학습 영역에 대한 세분화된 정보를 얻을 수 있다. 이러한 과정을 통하여 궁극적으로 자신만을 위한 학습전략과 자신에게 필요한 차후 학습내용을 결정하는데 도움을 받게 된다.

2. 관련 연구

총점, 평균, 순위 등을 통해 단순하게 학습자를 평가하는데 그치고 있는 현재의 이러닝 시스템을 학습자 중심의 교육이 가능하도록 업그레이드하기 위해서는 반드시 베이저언 추론망과 같은 인공지능 기법을 활용한 학습자 평가 시스템이 필요하다. 그러나 아직 온라인 교육 시스템에서는 단순한 규칙 기반의 피드백[4]이나 시스템 개발시 정해진 학습자 모델을 통해 진단이 가능한 시스템[5]에 그치고 있다.

이러한 이유는 학습자의 지식 요소 평가에 적합한 학습자 지식 모델의 웹기반 설계 기술과 지식 요소별 조건부 확률 입력의 자동화와 설계한 학습자 모델을 웹 연동 진단 엔진으로 생성하는 기술이 확립되지 않았기 때문이다.

이 절에서는 학습자 진단의 필수 기술인 학습자 모델링 중 본 시스템이 원용하고 있는 베이저언 추론망 기반의 학습자 모델링에 관한 선행 연구와 베이저언 추론망 생성을 위한 조건부 확률 적용 기법에 대해서 소개한다.

2.1 베이저언 추론에 의한 학습자 진단

모든 시험 문제에는 출제자가 평가하고자 하는 지식요소들이 들어있다. 여러 가지 지식 요소들은 각 문제들에 서로 얽혀서 포함되어 있으며 이러한 복잡한 상황에서 문제들의 맞고 틀림을 통하여 학습자의 지식 요소별 실력을 알아내는 학습자 진단은 고도의 추론 능력을 요구한다. 이러한 추론 능력은 인간 교수자도 쉽게 훈련되기 어려운 고도의 통찰력의 하나로 이를 기계를 통하여 구현하기 위해서는 많은 기반 지식과 정련된 인공지능 기법이 활용된다.

현재 학습자 지식 모델링 방법으로 가장 널리 이용되고 있는 인공지능 기법은 베이저언 정리를 기반으로 지식망을 구성하고 각 지식 요소간의 조건부 확률을 통하여 최종 지식 요소별 사후확률을 계산함으로써 지식 요소의 상태를 추론하는 베이저언 추론망(Bayesian Inference Network) 기반의 학습자 모델링이다.

신경회로망, 퍼지 등과 같은 다양한 인공지능 기법 들 중

에서도 특히 베이저언 추론망을 근간으로 하는 학습자 모델링이 많은 이유는 통계학을 토대로 오랜 기간 체계적으로 연구되었으며 최종적으로 출력되는 결과 값이 분류나 판단 보다는 요소별 추론에 용이한 확률값으로 존재한다는 장점 그리고 학습훈련 등과 같은 부수적인 작업 과정이 없어 웹 저작에 최고의 편리성이 있다는 것을 들 수 있다[6].

베이저언 추론망이라는 확률 도구를 활용하여 학습자의 지식을 모델링 하는 연구는 Mislavy[7], VanLehn[8] 등에 의하여 연구되어 왔으며, 이들의 연구는 현재 ETS, CISCO[9] 등에서 중요한 교육 평가 도구의 원천 기술로 이용되고 있다. 국내에서는 김명화[10]에 의한 선구적 연구와 이를 활용하여 실제 이공계 온라인 학습 사이트에 적용하려는 연구가 꾸준히 수행되어 왔다.

베이저언 추론망을 이용한 학습자 모델링에 관한 자세한 논의는 참고 문헌에 제시한 베이저언 추론망의 온라인 학습 사이트 적용 연구들[6, 11]을 통해 잘 알 수 있으며, 본 절에서는 베이저언 추론망을 통하여 학습자 모델링을 하는 구체적인 방법과 각 노드의 사후 확률에 대한 수식을 간단한 예제를 통하여 소개한다.

먼저 개발하려는 온라인 퀴즈를 통해 진단하고 싶은 학습 요소가 5개이며 이 5가지 학습요소를 평가하는데 3개의 문제를 사용하려고 한다면 <표 1>과 같이 학습요소와 이들 간의 관계에 대한 정의를 내릴 수 있다.

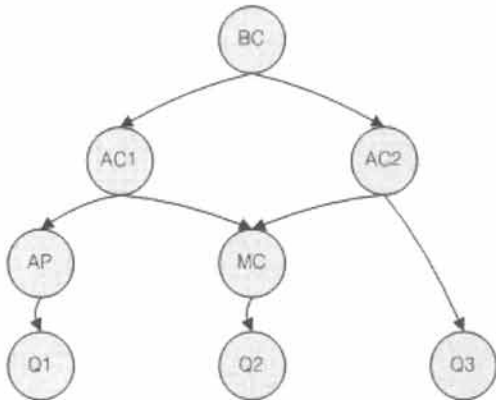
<표 1>과 같이 학습요소와 요소간의 관계가 정해졌으면, 사용자의 지식 요소를 하나의 노드로 보고 이들의 관계를 그래프로 표현하면 (그림 1)과 같다.

이때 각 그래프 간에 선후 관계에 대한 방향성이 있으며 이들에 대한 사전 확률을 적용하면 <표 1>을 위한 베이저언 추론망이 된다. (그림 1)은 학습자의 지식요소가 5가지이며 이들을 추정하기 위한 사건 변인으로 3개의 문제를 정한 지식모델이다.

(그림 1)을 통해서 우리는 Q1이라는 노드에는 BC, AC1, AP라는 3가지 학습요소가 포함되어 있다는 것을 직관적으로 알 수 있을 뿐 아니라, Q2에는 BC, AC1, AC2, MC라는 4가지 학습요소가 유기적으로 포함되어 있으며 그 구성 노드들 역시 서로간의 관계가 링크의 방향과 사전확률에 의해

<표 1> 지식모델에 사용되는 학습요소의 예

노드명	지식 요소간 관계에 대한 설명
BC	기본 지식
AC1	상급 지식1 : 기본 지식1로부터 파생
AC2	상급 지식2 : 기본 지식1로부터 파생
AP	응용 능력 : AC1을 응용하는 능력
MC	상급 지식1과 상급 지식2가 혼합된 지식
Q1	AP 요소의 학습 여부를 묻는 질문
Q2	MC 요소의 학습 여부를 묻는 질문
Q3	AC2 요소의 학습 여부를 묻는 질문



(그림 1) <표 1>을 토대로 구성한 베이지언 추론망

표현되어 있다는 것을 알 수 있다. 또한 이들 학습 요소 간에는 선후 관계가 있는데, BC를 잘 이해하여야 AC1과 AC2를 잘 이해할 수 있으며, AP를 잘 알기 위해서는 반드시 AC1을 잘 알아야 한다. 그리고 AC1과 AC2를 알아야 MC를 이해할 수 있음을 내포한다.

베이지언 추론망으로 지식을 모델링하는 이러한 과정이 보여주는 의미는 학습자의 지식 모델링의 용이함 외에도 현재 일선 학교에서 사용하고 있는 이원분류표와 같은 진단기법에서는 불가능 했던 요소간의 관계에 대한 표현이 가능함을 보여 준다.

위의 (그림 1)에서 보이는 Q1, Q2, Q3은 각각의 문제에 해당한다. 그러므로 위 (그림 1)은 3개의 문제, 5개의 지식 요소로 구성된 온라인 시험의 베이지언 추론망이 된다. 이 베이지언 추론망을 통하여 우리는 다음 식 1과 같은 조건부 확률을 구할 수 있다.

$$P(BC, AC1, AC2, AP, MC | Q1, Q2, Q3) \quad (\text{식 1})$$

이 수식의 물리적 의미는 Q1, Q2, Q3의 맞고 틀린 사건에 대해 BC, AC1, AC2, AP, MC의 각각에 대한 조건부 확률을 의미 한다.

식 1을 사용하여 Q1이라는 노드에 값이 1이 들어가는 경우, 즉 학습자가 Q1을 정확하게 맞춘 사건, Q2라는 노드에 값이 0이 들어가는 경우, 즉 학습자가 Q2를 틀린 사건, Q3라는 확률에 1이 들어가는 경우에 대한 지식요소 노드 BC, AC1, AC2, AP, MC 요소를 학습자가 잘 알고 있을 확률 값을 아래 식 2와 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$P(BC = \text{Good}, AC1 = \text{Good}, AC2 = \text{Good}, AP = \text{Good}, MC = \text{Good} | Q1 = \text{Correct}, Q2 = \text{Wrong}, Q3 = \text{Correct}) \quad (\text{식 2})$$

이처럼 우리는 Q1, Q2, Q3라는 문제의 맞고 틀리는 경우 (2³)에 대하여 5가지 요소들을 학습자가 잘 알고 있을 확률에 대하여 각 노드의 사후 확률을 통하여 추정할 수 있다.

(그림 1)의 네트워크 설계 정보와 각 노드에 필요한 사전 확률 값 그리고 네트워크 정보와 사전확률 값을 토대로 식

2와 같은 연산을 수행할 수 있는 수식처리 엔진만 만들 수 있으면 학습자 모델링을 할 수 있으며 이를 통하여 학습요소별 학습자 수준을 진단하는 것이 가능하다.

2.2 베이지언 추론망의 사전확률 입력 기법

학습자 모델을 설계하고 나면 교수자가 입력한 베이지언 추론망 설계 정보로부터 학습자 진단 엔진을 생성해 주는 모듈이 필요하다. 이를 개발하기 위해서는 여러 기술들이 필요로 하나 그 중 중요한 것은 각 지식 노드들에 사전확률 값을 자동으로 입력하는 기술이다. 입력의 자동화 기술이 없어 사전 확률을 매번 자료 정리와 조사를 통하여 찾아내야 한다면 온라인에서 단번에 진단용 엔진을 만들기보다는 수차례 시뮬레이션과 수정을 거쳐야 하는 작업이 요구되어 저작도구의 효용성이 떨어지게 된다.

사전확률 입력의 자동화에 대한 연구 중 김성호의 베이지언 네트워크를 이용한 분류 수행에서의 수학적 확률 적용 방법[12]이 주목할만한데, 이 연구의 결과는 학습의 여부나 수준을 분류하는 평가와 같은 응용에서는 연구자가 제안하는 정해진 확률 값을 이용하여도 그 결과가 실험 데이터를 입력하여 시뮬레이션한 분포와 거의 같다는 것을 보여준다.

<표 2>는 김성호가 제안한 확률 적용 방법의 예로, 학습자의 지식 요소별 수준을 5단계로 분류해 주는 것이 목적인 본 시스템에서 적용하기에는 매우 유용한 이론이다. 이를 이용하여 교수자가 해당 차시의 학습을 마친 학습자에게 요구되는 학습 요소를 정하고 이들의 선후 관계를 네트워크로 표현하면 이 정보를 토대로 베이지언 추론망을 구성하고 이 엔진에 필요한 사전확률 값을 각 노드의 특성에 맞게 일괄적으로 부여할 수 있다.

<표 2> 분류 수행에서의 확률 적용 방법 제안

$$\begin{aligned}
 P(V_1 = 1) &= 0.55 \\
 P(V_2 = 1 | V_1 = v_1) &= \begin{cases} 0.15 & \text{if } v_1 = 0 \\ 0.65 & \text{if } v_1 = 1 \end{cases} \\
 P(V_3 = 1 | v_1, v_2) &= \begin{cases} 0.1 & \text{if } s_2 = 0 \\ 0.15 & \text{if } s_2 = 1 \\ 0.65 & \text{if } s_2 = 2 \end{cases} \\
 P(V_4 = 1 | v_1, v_2, v_3) &= \begin{cases} 0.1 & \text{if } s_3 = 0 \\ 0.15 & \text{if } s_3 = 1 \\ 0.25 & \text{if } s_3 = 2 \\ 0.65 & \text{if } s_3 = 3 \end{cases}
 \end{aligned}$$

(여기에서 $s_k = \sum_{i=1}^k v_i$)

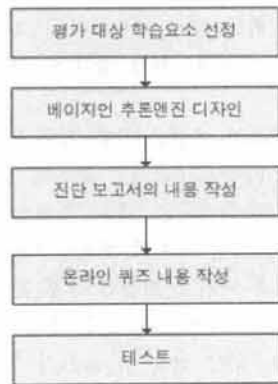
3. 지능형 온라인 퀴즈 저작 도구

이 절에서는 본 연구를 통하여 개발된 베이지언 추론망 기반 온라인 평가 도구의 모습을 실제 작동 과정을 통하여 살펴본다.

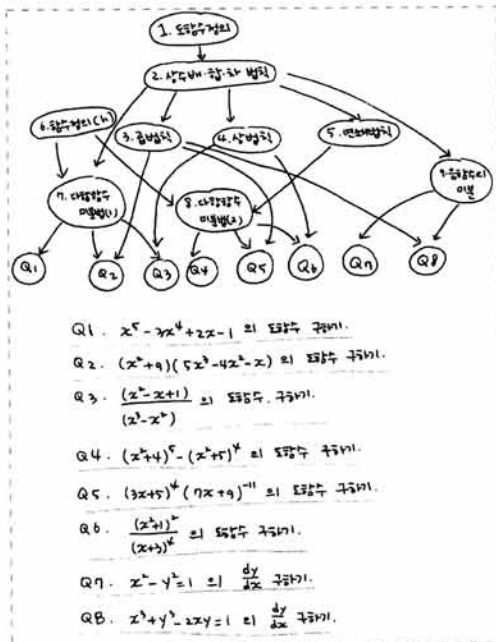
먼저 지능형 온라인 퀴즈를 만드는 전체 과정을 저작자 입장에서 살펴보면 (그림 2)와 같다.

- ① 해당 차시를 마친 학습자가 평가 받아야 할 학습요소에 대하여 정리하고, 이를 참조하여 요소간의 관계를 고려하여 네트워크를 수기로 작성한다.
- ② 수기로 작성한 네트워크를 네트워크 설계 페이지에 노드의 정보를 입력함으로써 베이지언 추론 엔진 디자인을 한다.
- ③ 다음은 학습자들에게 보여질 인터페이스를 작성하게 되는데 먼저 진단 보고서를 작성하고,
- ④ 다음으로 퀴즈 문제를 작성하는 과정으로 구성된다.

이 과정들을 실제 화면을 통해 자세히 살펴보면, 평가자는 먼저 아래 (그림 3)과 같이 자신이 수기로 작성한 베



(그림 2) 저작자의 작업 과정



(그림 3) 수기로 작성한 학습 요소 네트워크

지언 추론망 설계도와 학습 내용 요소를 정리한 자료 그리고 문제와 정답을 준비한다.

(그림 3)의 수기로 작성한 온라인 평가 설계 자료를 토대로 네트워크 설계 단계 화면에서 베이지언 추론 엔진의 디자인을 위한 값을 입력한다.

(그림 4)에서는 (그림 3)의 네트워크를 생성하기 위해 입력한 실제 값들을 확인할 수 있으며, 인터페이스 구성을 살펴보면 본 연구에서는 학습자 지식 모델 디자인에 필요한 베이지언 추론망의 최소 특성을 전체 노드의 수, 웹 서버에 저장 될 평가 콘텐츠의 파일명, 노드별 부모노드의 이름, 부모노드의 수, 학습자 평가 보고서에 출력될 지식 요소 표시에 관한 특성으로 규정하였음을 알 수 있다.

이와 같이 인터페이스 요소를 선정하기 위해서는 본 연구에서는 베이지언 추론망 기반 학습자 모델링에서 반드시 요구되는 설계 요소를 선정함과 동시에 베이지언 네트워크 소프트웨어인 Netica가 사용하는 네트워크 설계 문법을 파악하였다. 여러 단계의 테스트를 통하여 Netica에서 베이지언 네트워크를 표현하는 방식과 문법을 정리하고 그 중 지능형 진단 콘텐츠 저작 도구에서 사용하게 될 필수 요소들로 구성된 본 시스템을 위한 Netica 네트워크 파일 포맷을 만들었는데, <표 3>이 그 예이다.

<표 3>의 구성 요소들로는 네트워크명, 노드명, 부모노드명, 자료의 종류, 연산 방식, 노드의 상태 사전확률값 등인데, 이 중 사용자에게 의해서 반드시 정해져야 할 내용들로는 네트워크명, 노드명, 부모노드이다. 설계 인터페이스를 구성할 때 이 요소들이 포함된 이유는 이러한 분석에 기인한다.

(그림 4)의 베이지언 추론 엔진 설계 과정에서 필요한 값을 모두 입력하고 생성버튼을 누르면, 서버의 내부에 (그림 5)의 좌상단에 보이는 베이지언 추론 기반 학습자 진단 엔진이 생성된다. 즉 진단 엔진 설계 및 생성과정이 완료된 상태로 교수자는 학습자가 풀게 될 퀴즈 페이지를 만드는

Name of node	Parents(ex: nd1, nd2, nd3)	# of parents	Type of node
1. node1		0	Display
2. node2	node1	1	Display
3. node3	node2	1	Display
4. node4	node2	1	Display
5. node5	node2	1	Display
6. node6		0	Hidden
7. node7	node2, node6	2	Display
8. node8	node5, node6	2	Display
9. node9	node2	1	Display
10. node10	node7	1	Question
11. node11	node3, node7	2	Question
12. node12	node4, node7	2	Question
13. node13	node9	1	Question
14. node14	node3, node8	2	Question
15. node15	node4, node8	2	Question
16. node16	node9	1	Question
17. node17	node3, node9	2	Question

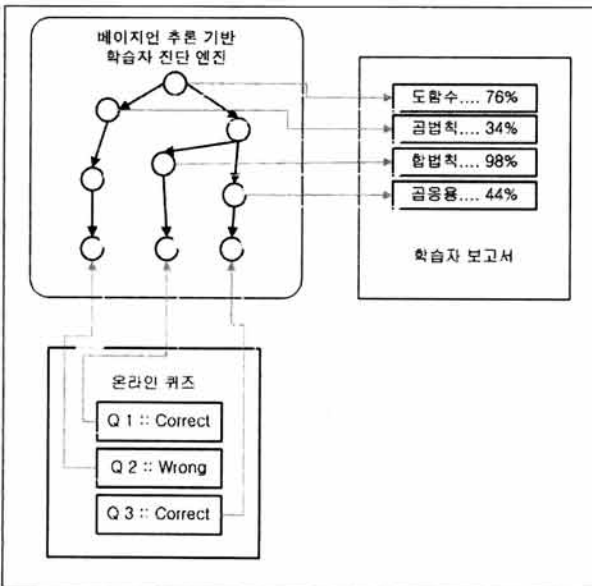
(그림 4) 베이지언 네트워크 설계 인터페이스

〈표 3〉 웹 전용 네트워크 파일 예

```

bnet diff1_Level2_3 {
  node Xn {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (True, False);
    parents = ();
    probs = (0.55, 0.45);
  };

  node Func0 {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (True, False);
    parents = (Xn, Rule1_3);
    probs = (((0.65, 0.35),
              (0.85, 0.15)), ((0.15, 0.85),
                              (0.1, 0.9)));
  };
};
    
```



(그림 5) 진단 엔진과 주변 인터페이스

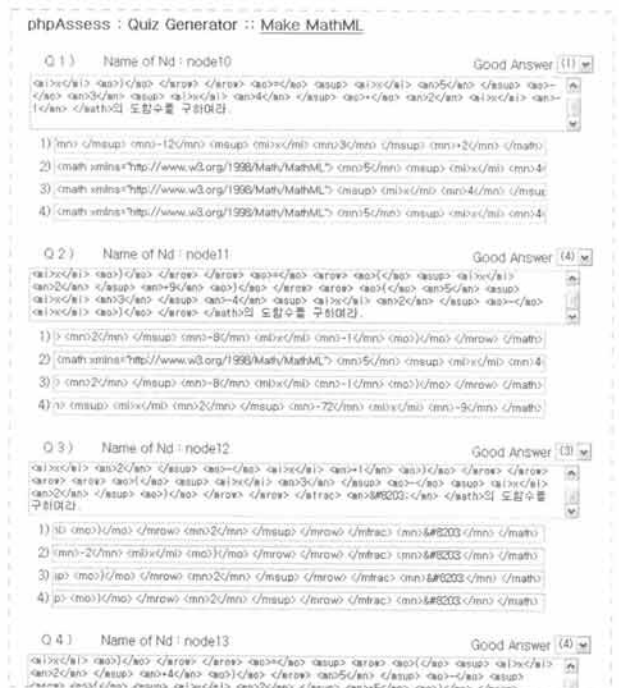
작업과 퀴즈를 풀고 나면 보여줄 학습자 보고서 페이지를 만드는 작업을 순차적으로 수행하면 된다.

(그림 6)은 학습자 진단 보고서의 학습 요소에 대한 정의를 해주는 학습자 보고서 출력 저작 인터페이스의 화면이며 이 과정에서 학습자 모델을 구성하고 있는 학습요소에 대한 정의 외에도 각 학습요소별 피드백이나 보충학습 콘텐츠에 관한 정보를 함께 입력할 수 있다. 이 피드백과 보충학습 콘텐츠에 대한 정보는 차후 진단 보고서의 하단에 링크로 자동 제시된다.

(그림 7)은 저작의 마지막 단계로 실제 학습자들이 처음 만나게 되는 온라인 퀴즈 화면을 만드는 페이지이다. 교수자는 여기에서 평가 문제를 출제할 수 있으며, 이때 (그림



(그림 6) 학습자 진단 보고서 작성 화면의 일부



(그림 7) 퀴즈 저작 인터페이스 화면의 일부

6)과 (그림 7)에서 보여지는 각각의 입력화면은 초기의 추론 엔진 설계시 정해진 노드의 수에 맞게 자동으로 생성된다. 즉 학습자 보고서에서 진단결과를 제시하려는 학습요소의 수가 10개이며 퀴즈 노드가 8개라면 학습자 진단 보고서를 작성하는 페이지는 자동으로 10개의 입력창이 생성되면 온라인 퀴즈를 저작 페이지는 8개의 문제 입력창을 갖도록 생성된다.

진단을 위한 네트워크 설계, 진단 보고서 저작, 퀴즈 저작의 세 단계를 모두 마치면 최종적으로 (그림 8)과 같은 온라인 퀴즈 페이지가 생성되고 교수자는 이 페이지의 주소를 해당 차시의 마지막 페이지나 학습 종료 단계의 이러닝 콘텐츠에 링크시켜서 학습자가 학습을 마친 후 자신을 진단할 수 있도록 한다.

On-line Quiz

1. $f(x) = x^5 - 3x^4 + 2x - 1$ 의 도함수를 구하여라. Answer (1)

1) $5x^4 - 12x^3 + 2$
 2) $5x^4 + 12x^3$
 3) $x^4 - 3x^3 + 2x - 1$
 4) $5x^4 - 3x^3 + 2$

2. $f(x) = (x^2 + 9)(5x^3 - 4x^2 - x)$ 의 도함수를 구하여라. Answer (1)

1) $2x(15x^2 - 8x - 1)$
 2) $5x^4 + 12x^3$
 3) $(2x + 9)(15x^2 - 8x - 1)$
 4) $25x^4 - 16x^3 + 132x^2 - 72x - 9$

3. $f(x) = \frac{x^2 - x + 1}{(x^2 - x)^2}$ 의 도함수를 구하여라. Answer (1)

1) $\frac{2x-1}{(3x^2-2x)^2}$
 2) $\frac{2x-1}{(3x^2-2x)}$
 3) $\frac{-x^4+2x^3-4x^2+2x}{(x^2-x)^3}$
 4) $\frac{x^3-x+1}{(x^2-x)^2}$

4. $f(x) = (x^2+4)^5 - (x^2+5)^4$ 의 도함수를 구하여라. Answer (1)

1) $2x(5x^2+20)^4(4x^2+20)^3$
 2) $5(x^2+4)^4 - 4(x^2+5)^3$

(그림 8) 완성된 퀴즈 화면의 일부분

3.6 음함수 미분

함수의 2가지 형태

양함수 : 양적으로 y 가 결의. $y = f(x)$ 예) $y = \frac{3x^2}{x^2+1}$ 또는 $y = \sin x^2$

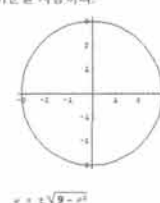
음함수 : x 의 함을 가지고 음적으로 y 를 결의. $g(x, y) = 0$ 예) $x^3 + y^3 = 2xy$

가. 에 대해 양적으로 주어지지 않았을 때, 보통의 방법이 적용되지 않는다.
 파. 가 방정식에 의해 관계를 가진 x, y 를 구하는 방법은 다음 4단계를 거친다.

$\frac{dy}{dx}$ 를 구하는 방법 (음함수 미분)

- 방정식의 각 변이 x 의 미분 가능한 함수임을 주의하자. 왜냐하면 가정에 의해 y 는 x 의 미분 가능한 함수이기 때문이다.
- 주어진 방정식의 모든 쪽의 도함수를 구한다.
- 양쪽의 도함수를 같게 놓는다.
- 도함수 $\frac{dy}{dx}$ 에 대해 정리한다.

예제 1) $x^2 + y^2 = 9$ 를 만족하는 x 의 미분 가능한 함수라 하자. $\frac{dy}{dx}$ 를 구하기 위해 음함수 미분을 사용하라.



$y = \pm\sqrt{9-x^2}$

양쪽 곱하기 방정식에 따라서 방정식 $x^2 + y^2 = 9$ 의 양변을 미분하여 도함수를 같게 놓는다.

$\frac{d}{dx}(x^2 + y^2) = \frac{d}{dx}(9)$

(그림 10) 자동 제시된 보충학습 콘텐츠 일부분

Student's Report by phpAssess

The Explanation of Knowledge Items

1. 도함수	함수 $y = f(x)$ 에 대하여 x 와 그 점에서 미분계수를 대응시킨 함수를 $f'(x)$ 의 도함수라고 한다. 즉, 미분 가능한 함수 $f(x)$ 의 도함수는 $f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$ 이다.
2. 상수배, 합, 차 법칙	두 함수 $f(x), g(x)$ 가 미분 가능할 때 $y = cf(x)$ 이면 $y' = cf'(x)$ (단 c 는 상수) $y = f(x) + g(x)$ 이면 $y' = f'(x) + g'(x)$ $y = f(x) - g(x)$ 이면 $y' = f'(x) - g'(x)$
3. 곱 법칙	두 함수 $f(x), g(x)$ 가 미분 가능할 때 $y = f(x) \cdot g(x)$ 이면 $y' = f'(x) \cdot g(x) + f(x) \cdot g'(x)$
4. 상법칙	두 함수 $f(x), g(x)$ ($g(x) \neq 0$)가 미분 가능할 때 $\frac{f(x)}{g(x)}$ 이면 $y' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{(g(x))^2}$
5. 연쇄법칙	두 함수 $y = f(u), u = g(x)$ 가 미분 가능할 때 $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{du} \cdot \frac{du}{dx} = f'(g(x))g'(x)$
6. 다항함수의 도함수(1)	$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ 의 도함수
7. 다항함수의 도함수(2)	$y = \{a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0\}^6$ 의 도함수
8. 음함수 미분	$\frac{dy}{dx}$ (음함수 미분) 1. 방정식의 각 변이 x 의 미분 가능한 함수임을 주의. 가정에 의해 y 는 x 의 미분 가능한 함수이다. 2. 주어진 방정식의 모든 쪽의 도함수를 구한다. 3. 양쪽의 도함수를 같게 놓는다. 4. 도함수 $\frac{dy}{dx}$ 에 대해 정리한다.

	E	D	C	B	A
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Let's see the following supplementary lesson for you!

(그림 9) 학습자 보고서 화면

학습자들이 (그림 8)과 같은 형태의 온라인 퀴즈를 풀고 나면 해당 퀴즈의 결과가 채점된 후 그 결과가 서버에 존재하는 진단 엔진으로 전송되고 진단 엔진은 베이지언 추론에 의해 각 학습요소별 사후 확률을 계산하여 (그림 9) 형태의 학습자 보고서를 학습자에게 제시한다. (그림 9)는 평가 후 학습자에게 보여지는 학습자 진단 보고서로 8가지의 지식 요소에 대하여 개별적으로 확률에 근거한 진단을 내려 주고 있음을 확인 할 수 있다. 그리고 8가지 지식 요소들 중 낮은 등급으로 진단된 학습 요소들을 보장할 수 있는 보충학습 콘텐츠를 제안하는 링크가 보고서 하단에 생성된 것을 확인 할 수 있다.

(그림 10)은 (그림 9)의 학습자 진단 보고서의 하단에 있는 링크를 따라 가면 보여지는 콘텐츠로 퀴즈 결과 상대적으로 낮은 등급을 받은 음함수 미분 영역을 보충학습 할 수 있는 콘텐츠가 제시된 것을 확인할 수 있다. 이처럼 온라인 퀴즈를 통한 진단임에도 불구하고 학습 영역별 수준을 진단 받을 수 있으며 부족한 학습 영역에 대한 피드백이나 보충학습을 제안해 줄 수 있는 지능형 온라인 퀴즈 저작이 가능하다.

4. 적용

본 연구를 통하여 구현한 베이지언 추론망 기반 온라인 퀴즈 저작 도구의 만족도 및 활용도 조사를 위하여 현재 일선 교사와 대학의 교수자를 대상으로 미리 준비한 설문을 사용한 인터뷰를 실시하였다. 저작도구의 사용자가 주로 교

수자이며 퀴즈 저작도구의 사용법은 물론 시스템의 원리에 대한 이해가 요구되었기 때문에 많은 사용자를 확보하여 설문문을 실시하는 것이 어려워 인터뷰를 통한 질적연구 방법을 취하였다.

일단 1차 모임을 통하여 간단한 인터뷰 대상자의 정보 및 수업환경에 대한 조사를 한 후 본 시스템에서 사용하는 학습자 진단 원리와 시스템 사용방법에 대하여 소개하였다. 그 다음 2주일 정도 이 시스템을 사용해 본 후 2차 모임을 통하여 미리 준비한 질문지를 활용한 시스템에 대한 인터뷰를 실시하였다.

조사 대상은 현직 교사 2인과 4년제 대학 교수 1인이었으며 설문지의 내용은 디지털교과서 및 이러닝 품질관리 평가 관련 연구[13, 14]를 참조하여 <표 4>와 같이 작성하였다.

질문의 구성은 인지적, 정의적, 교수활동 입장에서의 효과성에 대하여 3문항, 학습자의 접근성, 최종 콘텐츠의 화면구성, 저작 도구의 화면구성에 관하여 각각 3문항씩 그리고 시스템 안정성에 관한 질문 2문항으로 구성하여 총 11문항이었다.

결과는 인지적 효과성과 학습자들에게 자신감, 성취감을 고양시킬 것인지를 묻는 정의적 효과성에 대해서는 모두 긍정적인 답변을 하였다.

교수자의 교수활동에 도움을 줄지에 대한 질문에서는 중학교 수학담당 교사 답변자의 경우, 학교 현장에서 다루는 주제가 단편적이고 상관관계가 복잡하지 않은 것들이 많아 이 도구가 제대로 활용될지는 의문이라고 답변하였으며 대학에서 수학을 강의하는 교수자의 경우 학습 요소의 개수가 많은 복잡한 지식 네트워크를 만들고 진단하는 경우에는 자신의 진단보다 훨씬 논리적으로 학습자들을 진단할 수 있을 것이라는 기대가 되며 이런 면에서 효과적으로 활용 가능한 도구라 답변하였다.

<표 4> 만족도 평가를 위한 질문 구성

대분류	소분류	질문 내용
효과성	인지적	본 도구로 개발한 온라인 퀴즈가 학생들의 학습에 도움을 줄 것인가?
	정의적	이 온라인 퀴즈가 학습자에게 자신감, 성취감 등을 높여 줄 수 있을 것인가?
	교수활동	이 도구가 지난 2주간 자신의 교수활동에 효과적으로 활용되었는가?
학습자 측면	접근성	개발된 콘텐츠를 학생들이 쉽고, 간단하게 사용할 수 있었는가?
	심미성	최종 콘텐츠의 디자인은 좋은가?
	가독성	최종 콘텐츠의 가독성이 좋은가?
교수자 측면	편리성	일선 교사들이 사용하기 편리한가?
	화면구성	저작 도구의 화면 구성이 적절한가?
	사용법	저작 도구의 사용법이 쉬운가?
시스템 안정성	저작도구	저작 도구가 안정적으로 동작했는가?
	콘텐츠	퀴즈 및 진단보고서가 안정적으로 동작하였는가?

개발된 퀴즈가 학생들이 접근하기 용이한가를 묻는 질문과 가독성에서는 긍정적인 점수를 받았으며 화면 구성의 심미성과 적절성, 교수자 입장에서의 사용의 편리성에서는 많은 문제점이 도출되었다.

특히 최종 개발된 온라인 퀴즈 콘텐츠가 한 페이지로 생성되기 때문에 문제 개수가 많은 경우 학습자가 느낄 부담감과 문제에 집중하기 어려운 점이 지적되었고, 교수자가 좀 더 직관적으로 네트워크를 설계할 수 있는 인터페이스가 필요하다는 의견과 최종 작업 후 퀴즈 수정하는 기능이 없다는 것이 사용상에 가장 큰 걸림돌이라는 지적이 있었다.

5. 결론 및 향후 과제

베이지언 추론망을 이용한 지능형 온라인 평가 저작 도구는 기존의 베이지언 추론망을 활용한 학습자 모델링에 대한 분석과 각 노드에 대한 사전확률 입력 자동화 및 웹에서의 베이지언 추론 엔진 생성 기술 확립을 통하여 전문 프로그래머가 아닌 일반 교수자도 학습자 진단을 위한 지능형 온라인 콘텐츠 제작을 가능하게 한 도구이다.

베이지언 추론망 기반의 학습자 진단 엔진을 웹과 연동시켜 동적인 학습자 보고서를 생성해 낼 수 있도록 한 결과는 기존 이러닝 시스템들이 학습자 평가를 위해 베이지언 추론망을 쓰는 것이 효과적임에도 불구하고 이를 구현하기 위해서 기술적, 방법론적으로 어려움이 있어 적용하지 못하고 있는 현실적인 문제를 해결한 성과라 할 수 있으며 현재 온라인 교육 시스템의 양적 팽창에 비해 상대적으로 빈약한 질적 개선에 새로운 역할을 할 수 있을 것으로 예상된다.

교수자들을 대상으로 한 인터뷰를 통해 드러난 직관적인 네트워크 설계 인터페이스와 퀴즈 콘텐츠의 사후 관리 문제점들의 개선에 대한 차후 연구 및 보다 다양한 분야의 교수자들에 의한 도구 평가와 실제 제작한 콘텐츠들에 대한 학생들의 만족도 조사 연구가 요구된다.

참고 문헌

- [1] 강인애. "청소년과 e-Learning", 청소년문화포럼, Vol.17, pp.10-32, 2008.
- [2] Teresa Martin-Blas, Ana Serrano-Fernandez, "The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics", Computer & Education, Vol.52, (2009), pp.35-44, 2009.
- [3] Tanaka Yuya, Inoue Kenji, Nemoto Junko & Suzuki Katsuaki, "Comparative Analysis of Open Source CMSs, and Construction of Selection Support Site," Japan journal of educational technology, Vol.29 No.3, pp.405-413, 2005.
- [4] Manolis Mavrikis & Antony Maciocia, "WALLIS: a Web-based ILE for Science and Engineering Students Studying Mathematics," Conference on Artificial Intelligence

in Education 2003.

[5] Erica Melis, Eric Andres, Jochen Budenbender, Adrian Frischauf, George Gogvadze, Paul Libbrecht, Martin P., Carsten Ullrich, "ActiveMath: A Generic and Adaptive Web-Based Learning Environment," International Journal of Artificial Intelligence in Education, 12, pp.385-407, 2001.

[6] 박홍준, 전영국, "컴퓨터 대수와 베이지언 추론망을 이용한 이공계 수학용 적응적 e-러닝 시스템 개발", 한국콘텐츠학회논문지, 제8권 제5호, pp.276-286, 2008.

[7] Mislevy, R.J., & Gitomer, D.H., "The role of probability-based inference in an intelligent tutoring system," User-Modeling and User-Adapted Interaction, 5, pp.253-282, 1996.

[8] Joel Martin and Kurt Vanlehn, "Student assessment using Bayesian nets," Int. J. Human-Computer Studies 42 pp.575-591, 1995.

[9] Roy Levy, Robert J. Mislevy, 2004, Specifying and Refining a Measurement Model for a Simulation-Based Assessment, CES Report 619, University of California, Los Angeles.

[10] 김명화, "학습자의 인지진단 방법에 관한 연구 - 분수의 인지과정 모델에 Bayesian 추론망 모델 적용", 박사학위 논문, 고려대학교. 1997.

[11] 박홍준, 전영국, 장문석, "컴퓨터 대수 시스템을 이용한 이공계 수학용 이터닝 시스템 개발," 정보처리학회논문지 A, 제14-A권 제6호, pp.383-390, 2007.

[12] Kim, Sung-Ho, 2005, Stochastic ordering and robustness in classification from a Bayesian Network, Elsevier B. V, Decision Support Systems 39 (2005): 253-266.

[13] 정영식, "디지털 교과서의 평가 준거 개발", 컴퓨터교육학회논문지, 제11권 제3호, pp.13-20, 2008.

[14] 정성무 외, "고등 교육 이터닝 품질관리 가이드라인(Ver. 2.0) 개발", 한국교육학술정보원, 2008.



박 홍 준

e-mail : hjpark@sunchon.ac.kr

2002년 순천대학교 컴퓨터교육과(이학사)
 2005년 순천대학교 컴퓨터과학과(이학석사)
 2008년 순천대학교 컴퓨터과학과(이학박사)
 2008년~현 재 순천대학교 교수학습개발
 센터 연구원

관심분야 : AI, ITS, CAS, BIN, WBI, e-Learning 등



전 영 국

e-mail : ycjun@sunchon.ac.kr

1986년 수원대학교 수학과(이학사)
 1990년 시카고주립대학교 수학과(이학석사)
 1995년 일리노이대학교 어바나-샴페인(교육
 학박사)
 1996년~현 재 순천대학교 컴퓨터교육과
 교수

관심분야 : ITS, CAS, WBI, HCI 등