

학습자 중심의 적응형 학습을 지원하는 웹기반 퍼지 교수 시스템

최속영*, 양형정**,

*우석대학교 컴퓨터교육과

**주)케이테크 멀티미디어 DB 연구소

e-mail:sychoi@core.woosuk.ac.kr

A Web-based Fuzzy Tutoring System Supporting Learner-oriented Adaptive Learning

Sook-Young Choi*, Hyung-Jeong Yang**

*Dept of Computer Education, Woosuk University

**K-Tech Multimedia DB Research Center

요 약

본 연구에서는 학습자의 수준에 맞는 적합한 학습 내용과 평가 문제를 제공하고, 그 평가 결과를 분석하여 반복학습 및 심화학습을 효과적으로 제공하는 웹기반 퍼지 교수 시스템을 제안한다. 이를 위해 코스웨어를 설계시 학습목표의 중요도, 학습내용의 난이도, 학습목표와 학습내용과의 관련성과 각 항목의 가중치를 고려한 퍼지 함수에 의해 퍼지 소속성을 가진 퍼지 언어 변수로 각 프레임에 대한 수준을 표현한다. 이와 같이 퍼지 함수를 이용함으로써 학습자의 수준을 분석하고, 이에 적절한 학습 및 평가 내용을 제공하는데 여러가지 다양하고 불확실한 요소들을 고려하여 처리함으로써 보다 융통성 있고 효과적인 교수 학습 방법을 지원할 수 있다.

1. 서론

웹기반 학습은 멀티미디어/하이퍼미디어 기술을 이용하여 학습자의 인지 구조와 동일한 하이퍼텍스트 형태로 교육 자료들을 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다 [1,2,3,4,5]. 그러나, 지금까지 개발된 웹기반 교육 시스템들은 대체로 수동적이며, 정적인 하이퍼텍스트 위주의 일괄적인 학습 형태로 학습자 개인의 학습 능력에 따른 적응력 있는 학습 환경을 제시 할 수 없었다. 특히, 학습자를 평가하는 일은 많은 어려움이 따른다. 학습자의 능력을 체크하기 위해 관찰된 데이터들은 정확하지 않을 수 있고, 애매한 데이터를 포함할 수 있기 때문에 이를 판별하여 평가하는

일은 힘든 작업이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안으로 퍼지 집합(fuzzy set)을 이용하기 위한 연구들이 수행되고 있다[6,7]. 퍼지 개념은 실세계의 부정확하고, 불완전하고 애매모호한 정보들을 효과적으로 다루고, 이를 통하여 합리적인 결정과 추론을 할 수 있다는 장점으로 의사 결정이나, 정보 분류 분야 등 여러 응용분야에서 이 퍼지 개념을 이용한 연구들이 수행되어왔다[8].

본 논문에서는 이 퍼지 개념을 이용하여 학습자의 수준에 맞게 개별화된 학습 내용을 제공하고, 학습 후 퍼지 평가에 의한 학습자의 학습 내용에 대한 성취도 판별을 통해 심화 학습 정도와 다음 단계의 학습 수준을 제공하는 지능형 교수 시스템을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구로서 웹기반 교수 시스템과 퍼지 개념을 적용한 교수 시스템들의 장.단점을 살펴보고, 3장에서는 본

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구

R04-2002-000-00145-0지원으로 수행되었음

연구에서 제안하고 있는 퍼지 교수 시스템에 대해 기술한다. 4장에서 결론 및 향후과제를 논의한다.

2. 관련 연구

최근 외국을 중심으로 개발되고 있는 웹기반 교수 시스템들 중 대표적인 시스템들은 다음과 같다.

[1]에서는 LISP 프로그래밍 학습을 적응력 있게 학습하는 방법을 제시하고 있는 ELM-ART 시스템을 개발하였다. ELM-ART는 학습자가 학습 목적과 능력, 기호 등 개별적 특성에 따라 다양한 멀티미디어 학습 자료를 하이퍼링크를 통해 검색할 수 있도록 지원해주는 지능적 하이퍼미디어 시스템이다. 학습자는 탐색 경로를 스스로 선택할 수 있지만, 학습자 모델이 포함하고 있는 학습자에 대한 지식과 정보에 의해 링크를 학습자의 특성에 알맞도록 적응적으로 제시해준다. 그런데, 이 시스템에서 학습자의 특성과 학습 수준을 분석하는 모듈이 매우 중요하다고 할 수 있지만 이에 대한 구체적인 구현 방법의 기술이 없다.

[5]에서는 멀티미디어 학습을 위한 효과적인 교과 과정을 제시하는 CALAT 시스템을 개발하였다. CALAT는 학습자 모델, 교수 모델, 그리고 전문가 모델을 요소로 하는 지능형 교수 시스템의 구성 체계를 웹서버에서 실행시킴으로써 구현되었다. 이 시스템의 각 모델은 상호작용을 통해 적응적 코스웨어를 생성하고, 웹브라우저를 통해 학습자에게 제시되는 구조를 가지고 있다. 이 연구에서는 학습자에게 제공되는 설명, 연습문제 등 학습내용이 구조적으로 정의되어 있지 않기 때문에, 학습자의 특성에 알맞는 학습자료를 제공하는 것에 한계가 있다.

한편, 지능형 교수 시스템을 개발하는데, 퍼지 개념을 이용하여 구현한 시스템들로 다음과 같은 연구들이 존재한다.

[6]에서는 원격 학습 시스템에서 퍼지 논리에 의한 학습자의 지식을 평가하는 방법을 제시하고 있다. 이 연구에서는 각 평가 문제를 난이도에 따라 hard, moderate, easy 에 소속되는 소속성을 부여한 후 퍼지 함수를 통해 문제 집합을 advanced, intermediate, basic으로 구분한다. 학습자가 문제를 풀이한 후 정답 수에 따라 low, satisfactory, high, excellent로 수준을 구분하고, 이 수준과 평가 문제의 수준에 따라 다음 평가 문제 수준을 결정한다. 그러나 이 연구에서는 학습자의 수준 판별에 평가

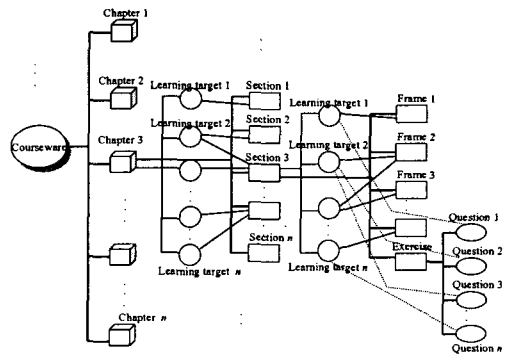
항목의 난이도만을 고려할 뿐 수준 평가의 여러 다양하고 불확실한 요소들을 고려하지 않고 있다.

[7]에서는 퍼지 소속성 함수를 이용하여 학습 결과의 수준을 평가하는데 평가 문제의 중요도와 난이도, 복잡도, 그리고 시간을 고려하고 있다. 각 요소에 대한 퍼지 소속성은 정규화 과정을 거쳐 전체적인 평가 결과가 'very good', 'good', 'medium', 'bad', 'very bad' 로 도출된다. 그러나 이 연구에서는 학습자가 임한 학습 내용의 수준을 고려하지 않고 평가 문제가 일괄적으로 제공되기 때문에 학습자의 개별적인 학습 성취에 따른 수준 판별이 어렵다.

3. 퍼지 교수 시스템

3.1 수준별 학습을 위한 코스웨어 구성

본 논문에서는 코스웨어의 설계 시 학습 목표를 정의함으로써 학습에서 도달되어 할 내용을 좀더 명확히 나타낼 수 있도록 하고, 이 학습 내용과 학습 목표 사이의 대응 관계를 이용하여 평가 과정에서 학습자가 오답을 냈을 경우, 이에 적절한 학습 내용을 제공하기 위한 추론 과정이 수행된다. 본 시스템에서 제공되는 코스웨어의 구조는 <그림 1>과 같다. 각 코스웨어는 크게 여러개의 장(chapter)들로 구성되고, 각 장은 여러개의 절(section)들로 구성된다. 또한 각 절은 학습의 주제 단위의 프레임(frame)들로 구성된다. 이 구조에서 각 장마다 학습 목표(learning target, LT)를 정의하고 있으며, 각 절은 각 장의 학습 목표와 대응 관계가 정의된다. 또한 각 절마다 세부적인 학습 목표가 정의되어 있으며, 각 학습 목표와 연관되어 프레임들이 정의되어 있다. 평가 문제(question)는 각 절마다 두고 있으며, 평가 문제 역시 학습 목표와 대응 관계가 있다.



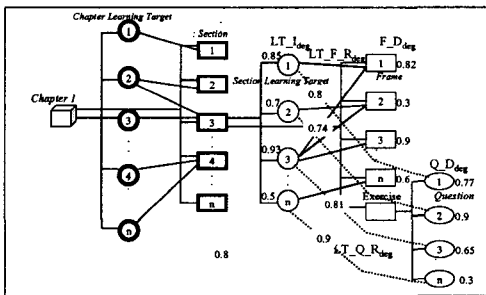
<그림 1> 코스웨어 지식 구조

수준별 학습 내용의 제공을 위해 학습 목표와 프

레이프, 그리고 이들간의 관련성 정도가 정의된다. 즉, 각 절의 학습 목표(LT, Learning Target)에는 중요도인 LT_I_{deg} (A degree of importance for Learning Target), 프레임은 난이도인 F_D_{deg} (A degree of difficulty for Frame), 평가 항목에는 난이도 Q_D_{deg} (A degree of difficulty for Question) 그리고 이들 사이의 관련성 정도인 $LT_F_R_{deg}$ 와 $LT_Q_R_{deg}$ 이 코스웨어 구성자에 의해 [0, 1] 사이의 값으로 부여된다.

$$\mu_{easy}(x) = \begin{cases} 1/(1+(|c_3-x|/k)^2), & x > c_3 \\ 1, & x \leq c_3 \end{cases}$$

각 함수에서 k와 c_1, c_2, c_3 는 소속성 함수의 가변성을 주기 위해 전문가에 의해 입력된다고 가정한다. 만약 $k=0.2$ 로, $c_1=0.85, c_2=0.5, c_3=0.2$ 로 가정하였을 경우 다음의 <그림 3>과 같이 수준값의 각 수준에 속하는 소속성이 구해진다.



LT_I_deg: Degree of importance for Learning Target F_D_deg: Degree of difficulty for Frame
Q_D_deg: Degree of difficulty for Question LT_F_R_deg: Degree of relation between Learning target and Frame
LT_Q_R_deg: Degree of relation between Learning target and question

<그림 2> 각 값이 부여된 예제

3.2 퍼지 함수에 의한 학습 내용의 수준별 분류

코스웨어가 구성되면 각 학습자의 수준에 적합한 학습내용을 제공하기 위해, 각 프레임들에 대한 수준 분석이 이루어진다. 수준 분석은 각 학습 목표의 중요도, 프레임의 난이도, 그리고 이들 사이의 관련성과 각각에 대한 [0,1]사이의 가중치를 고려하여 'hard', 'moderate', 'easy' 클래스로 분류되며, 수준 선택시 학습 내용이 동적으로 구성되도록 한다. 수준 결정을 위한 수준값은 (식1)과 같다.

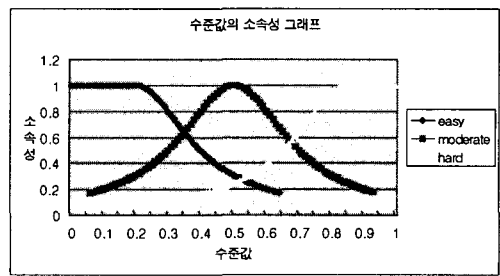
$$L_{val} = [I_{deg} * W_i + R_{deg} * W_r + (1-D_{deg}) * W_d] / 3 \quad (식 1)$$

각 수준 값의 퍼지 언어 변수에 대한 퍼지 소속성을 정하는 함수는 다음과 같다.

$$\mu_{high}, \mu_{moderate}, \mu_{easy} : [0,1] \rightarrow [0,1]$$

$$\mu_{high}(x) = \begin{cases} 1/(1+(|c_1-x|/k)^2), & x \leq c_1 \\ 1, & x > c_1 \end{cases}$$

$$\mu_{moderate}(x) = 1/(1+(|c_2-x|/k)^2), c_2=5$$



<그림 3> 수준값에 대한 소속성 그래프

학습자를 위한 수준이 선택되었을 경우 프레임에 대한 수준값에 따라 임계값 이상의 수준에 소속되는 프레임을 동적으로 구성하여 보여줌으로써 수준별 학습이 가능하다. <그림 3> 학습 수준을 'hard'로 선택하였고, 임계치가 0.7이라고 할 경우, 'hard'에 0.7 이상으로 소속되는 프레임들이 동적으로 구성되어 제공된다. 또한 학습 수준이 낮은 학습자에게는 프레임이 easy에 일정한 임계치 이상의 소속성으로 소속되는 프레임들이 동적으로 구성되어 제공된다. 예를 들어, 프레임들이 다음과 같이 'easy'에 대해 소속성을 갖는다고 가정하고 임계치가 0.7이라고 할 때, 학습 수준이 낮은 학습자에게 제공되는 프레임은 1, 6번이다.

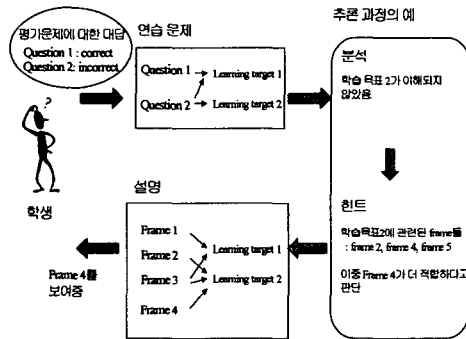
$$easy = \{0.78/frame1, 0.31/frame2, 0.45/frame3, 0.62/frame4, 0.25/frame5, 0.9/frame6\}$$

즉, 학습 수준이 높은 학습자의 경우에는 해당 단원의 학습목표를 모두 포함하는 다양한 학습내용과 심도있는 학습을 수행할 수 있도록 하고, 수준이 낮은 학습자인 경우에는 해당 단원에 대한 학습목표의 중요도가 높고 학습 목표와 프레임의 관련성이

높고, 프레임의 난이도가 낮은 내용을 구성하여 제공하도록 한다.

수준에 따라 동적으로 구성된 프레임들에 대한 학습을 마친 후 평가 문제의 구성시에도 각 문제별 난이도와 프레임과의 관련성을 고려하여 퍼지 소속성을 구한 후 각 수준에 해당하는 평가 문제만 동적으로 구성하여 평가에 이용될 수 있도록 한다. 따라서, 학습자의 수준에 따라 문제가 구성되어 제공되므로, 학습자는 수준에 맞는 학습을 한 후, 수준에 맞는 적절한 평가 문제를 통한 학업 성취에 대한 진단이 효과적으로 이루어 질 수 있다. 또한, 이를 통해 심화 학습 수준과 다음 단계 학습의 수준을 결정할 수 있다.

3.3. 추론을 이용한 힌트 제공



<그림 4> 추론 과정

본 모델에서는 평가 단계에서 학습자가 오답을 냈을 경우, 그 문제에 대한 피드백으로서 힌트를 제공하여 다시 한번 그 문제를 풀 기회를 준다. 그 문제에 대한 힌트를 제시할 경우, 그 문제에 적합한 학습 내용이 제공되어야 한다. 따라서 본 모델은 코스웨어의 논리적인 구조를 이용하여 추론을 하며, 이 경우에도 3.2절에서 기술된 프레임의 수준을 고려하여 학습자의 학습 수준에 따라, 적합한 프레임을 보여주도록 한다. <그림 4>는 이에 대한 과정을 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 웹기반 교수 학습 시스템에서 학습자의 개별화된 특징에 맞는 수준별 학습내용과 그에

따른 평가 문제를 제공하고 있다. 이를 위해 각 수준을 퍼지 함수에 의해 퍼지 소속성을 가진 언어 변수로서 표현하고 있다. 또한 학습 과정을 모니터링하여 학습한 내용과 평가 결과를 분석한 후, 학습자의 이해가 부족한 부분을 찾아 학습 내용을 새롭게 동적으로 구성하여 학습자에게 제공하도록 하며, 학습에 대한 평가 단계에서 오답을 냈을 경우, 그 문제에 가장 적합한 학습 내용을 추천하여 학습자에게 힌트를 제공함으로써 학습자가 스스로 학습하는데 도움이 되도록 한다.

향후 과제로서, 시스템의 구현 및 실험 평가를 통한 문제점의 분석 및 보완등이 요구된다.

참고문헌

- [1] P. Brusilovsky, E. Schwarz and G. Weber, "ELN-ART: An Intelligent Tutoring System on the WWW," In the Proceedings of ITS'96, pp.261-269, 1996.
- [2] M. Lai, B. Chen, and S. Yuan, "Toward a new Educational Environment," In the Proceeding of 4th International WWW Conference, pp. 11-14, 1995.
- [3] A. Silva, et al., "A Survey of Web Information Systems," In the Proceeding of WebNet'97 pp. 520-530, 1997.
- [4] J. Wang, "Intelligent Hyper-media Learning System on the Distributed Environment," In the Proceeding of the World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia, 1997.
- [5] K. Nakabayashi et al., "Architecture of an Intelligent Tutoring System in the WWW," In the Proc. of AI-ED'97, pp.39-46, 1997.
- [6] T. Vasileva, et al., "Experimental Data about Knowledge Evaluation in a Distance Learning System," IEEE, 2001, pp. 791-796.
- [7] S. Weon, J. Kim, "Learning Achievement Evaluation Strategy using Fuzzy Membership Function," 31th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, session t2a, 2001, pp. 19-24.
- [8] R.E. Bellman, L.A. Zadeh, "Decision-making in a fuzzy environment," Management Science, Vol. 17, No. 4, 1970, pp.141-146.