

교육용 적응적 하이퍼미디어 시스템의 사용자 모형 개발

유정수*

전주교육대학교 컴퓨터교육과*

요약

교육은 적응적 하이퍼미디어 시스템에서 가장 큰 응용분야이다. 사용자 모형은 적응적 하이퍼미디어 시스템분야에서 매우 중요한 부분이다. 본 논문에서는 학습자의 수준에 따라 다양한 학습 내용을 제공할 수 있도록 신경회로망 기법을 이용하여 사용자 모형을 개발하였다. 개발된 사용자 모형의 성능평가를 위해 웹기본 개념, 멀티미디어, HTML에 관한 내용을 학습하는 하이퍼미디어를 가지고 시뮬레이션 결과 학습자의 수준에 따라 다양한 콘텐츠를 제공함을 알 수 있었다.

Development of User Model for an Educational Adaptive Hypermedia System

Jeong-Su Yu*

Jeonju National University of Education, Dept. of Computer Education*

ABSTRACT

Education is the largest application area of adaptive hypermedia systems. The user modeling is considered a very important part of the field of adaptive hypermedia systems. In this paper we present the developed user model which provides different educational contents using a neural network. The user model has been verified on hypermedia for learning about basic web concepts, multimedia and HTML. This paper reports the results of simulation. Our simulation shows that the user model exactly can provide contextual different links for different students.

Key words : Educational Adaptive Hypermedia System, User Modeling, Neural Network

1. 서론

정보통신기술(ICT)은 고등 교육을 위한 주요 자원이 되었으며, 최근의 교육에 인터넷 활용은 기술을 교육에 어떻게 적용해야 하는지를 보여 준 하나의 좋은 예이다. 웹과 멀티미디어 기술의 결합은 교수 전달과 마찬가지로 교수·학습 자료 개발을 위한 새로운 가능성을 보여 주었다. 멀티미디어 활용은 학생들의 학습 흥미를 증가시켰으며, 웹과 학습 과정의 결합은 교실 밖에서도 쌍방향 상호작용을 통해 교육을 할 수 있는 기회를 제공해 주었다.

현재 학교교육에서 멀티미디어 CD나 인터넷을 활용한 전자 형태의 교수·학습 자료를 많이 사용하고는 있으나 기존의 인쇄 교수·학습 자료와 동일하게 내용이 획일화되어 학습자의 특성 및 학습 수준에 맞는 콘텐츠를 제공하지 못하고 있다. 이는 학생들의 학습의 흥미와 주제에 대한 동기를 저하시키기도 한다.

최근에는 사용자의 특성, 수준 및 배경지식 등을 고려하여 사용자의 수준에 맞게 다양한 자료들을 전자 형태로 변환시키는 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2,3,4,5,6]. 이에 관한 연구가 적응적 하이퍼미디어(adaptive hypermedia)이다. 적응적 하이퍼미디어는 하이퍼미디어 개념과 지능형 개인교수 시스템(intelligent tutoring system) 개념을 결합한 것으로 정보를 개인에 맞게 접근할 수 있도록 하였다. 적응적 하이퍼미디어(adaptive hypermedia)는 획일적인 전통 교육 방식과는 달리 학습자의 필요와 요구에 맞게 학습 내용을 제공한다. 적응적 하이퍼미디어는 콘텐츠(contents)와 항해(navigation) 구조를 적응시키기(adapt) 위해서 사용자 모형(user model)을 사용하여 사용자의 지식, 목표, 경험 등에 관한 정보를 수집한다. 필요한 시간에 필요한 정보의 선택은 사용자 모형의 역할이다.

적응적 하이퍼미디어 시스템의 전형적인 응용분야가 교육용 하이퍼미디어 시스템이다. 교

본 논문은 2002년도 전주교육대학교학술연구 지원에 의하여 연구되었음

육용 하이퍼미디어 시스템은 교수자료를 하이퍼미디어 형태로 표현한 컴퓨터기반 학습 시스템으로 학습자는 학습 과정 전체를 제어(학습자중심 학습)할 수 있다. 지식 상태는 시스템을 가지고 작업을 하는 동안 변경되며, 변경되는 지식의 정확한 모델링, 적절한 변경과 변경된 지식 추정을 기반으로 한 올바른 결론을 이끌어 내는 것이 교육용 적응적 하이퍼미디어(educational adaptive hypermedia) 시스템의 중요한 부분이다.

따라서, 본 논문에서는 학습자의 특성 및 학습 수준에 따라 다양한 학습 형태를 제공할 수 있는 사용자 모형을 신경회로망 기법을 사용하여 설계한다.

2장에서는 기존의 적응적 교육용 하이퍼미디어 시스템들의 특성을 살펴본다.

3장에서는 신경회로망을 기반으로 한 사용자 모형에 관해 기술한다.

마지막으로 4장에서는 결론 및 앞으로의 연구 방향에 관해 기술한다.

2. 교육용 적응적 하이퍼미디어 시스템 (Educational Adaptive Hypermedia System)

최근 교육용 적응적 하이퍼미디어 시스템은 사용자가 정보를 접근하기 위한 도구로 더욱더 일반화되고 있다. 이 시스템의 목적은 개인 사용자들을 위해서 하이퍼미디어 시스템을 개인화 하는 것이다. 그러므로 각 사용자는 하이퍼미디어 시스템을 가지고 작업하는데 개별화된 항해 가능성과 개인적 관점을 가진다. 다음 절에서는 교육용 적응적 하이퍼미디어 시스템의 구성요소들에 관해 기술한다.

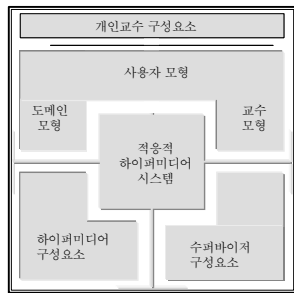
2.1 시스템 구성요소

<그림 1>은 적응적 하이퍼미디어 시스템의 구성요소들을 도식화한 것이다. 적응적 하이퍼미디어 시스템은 하이퍼미디어, 지능형 개인교수, 수퍼바이저 3가지 주요 구성요소로 이루어졌다.

하이퍼미디어 구성요소는 도메인 하이퍼공간구조, 표현과 항해에 관한 내용을 포함하고 있다.

수퍼바이저 구성요소는 위의 2가지 구성요소의 오퍼레이션을 조정한다.

지능형 개인교수 구성요소는 시스템의 지능 행위를 포함하며 지능형 개인교수 시스템의 3가지 모듈을 포함하고 있다. 도메인 모형은 사용자들이 배웠던 내용이 무엇인지를 설명하고 가르칠 도메인 지식을 표현한다. 교수 모형은 학습을 제어하거나 가르치기 위한 모든 결정을 한다. 사용자 모형은 사용자의 지식을 기술하고 사용자 개개인에 대한 특정한 정보를 저장한다. 사용자 모형은 다음과 같은 3가지 측면을 고려해야 한다.



<그림 1> 시스템의 도식적 관점

첫째, 사용자에게 어떤 정보를 모형에 포함시킬 것인가?

둘째, 사용자에게 대한 정보를 어떻게 얻고, 정보를 시스템에 어떻게 표현할 것인가?

마지막으로 어떻게 정보를 갱신하고 구성하는 할 것인가? 이다.

전통적인 교실수업에는 학습자, 학습할 내용과 교사의 교수전략으로 이루어지는데 이 과정에서 개인화가 이루어지지 않는다. 교사들은 학생 개별에 맞는 모형을 개발하려고 학생들과의 상호작용을 통해 학생의 평가기록 또는 프로필 등을 계속해서 갱신할 것이다. 이와 마찬가지로 적응적 하이퍼미디어 시스템은 학습 과정동안 학습자에 관한 정보를 갱신하기 위해서 사용자 모형을 사용한다.

사용자 모형화 기법에는 오버레이(overlay)

모형과 고정된 사용자(stereotype user) 모형이 있다. 오버레이 모형은 사용자의 지식 상태는 영역의 전문가의 지식의 부분 집합으로 기술하여 학생의 부족한 지식은 전문가의 지식과 비교에 의해서 이끌어 낸다. 고정된 사용자 모형은 하나 이상(초보, 중간, 고급, 전문가)으로 고정된다. 사용자들을 판에 박힌 형태로 분류하는 것으로 특정한 클래스에 속해있는 사용자들은 동일한 특성을 갖는 것으로 간주한다.

그 밖에도 베이지안 방법, 기계학습 방법, 논리기반 방법 등과 같은 여러 가지 기법들이 사용자 모형을 구축하는데 사용되었다.

다음 절에서 설명할 시스템들은 하나 이상의 기법들을 혼합한 형태로 사용자 모형을 구축하였다.

2.2 교육용 적응적 하이퍼미디어시스템 예

Brusilovsky는 하이퍼미디어 시스템 개발할 때 고려해야 할 5가지 특징으로는 사용자 지식, 목표, 선호, 배경, 경험을 들었으며, 또한 학습 속도도 고려해야 한다고 했다[1,2,3,4].

사용자 지식은 적응을 위해서 매우 중요하며, 사용자의 지식 상태의 갱신은 적응을 위해서 중요한 부분이다.

사용자 목표는 참고서처럼 시스템을 사용하여 전반적인 학습 목표보다는 시스템을 통해 사용자의 활동을 확장시키는 전반적인 학습 목표와 활동하는 동안 다양한 문제 해결 과제 2가지 목표를 가진다.

시스템의 사용자들은 각기 다른 선호를 가진다. 예를 들면, 글씨체, 그림, 또는 예시들이다. 이는 사용자로부터 입력이 없으면 시스템은 추정할 수 없다.

Prolog 언어의 프로그래밍 경험은 하이퍼미디어 시스템에서 Java를 학습하는데 사용자의 배경에 속한다.

사용자 경험 사용자의 하이퍼텍스트 경험과 관계가 있으며, 사용자 학습 속도는 교육용 하이퍼미디어 시스템에서 이 특징은 매우 중요

하다. 서로 다른 학습 선호와 서로 다른 학습 속도를 가진 사용자를 충분히 지원해 주어야 한다.

지금까지 개발된 적응적 교육용 하이퍼미디어 시스템들 중에서 대표적인 3가지 시스템을 선택하여 살펴보고, 비교·분석한다.

2.2.1 ELM-ART[1,2,3,6]

ELM-ART는 사용자 모형으로 간단한 오버레이와 복잡한 임시적(episodic) 모형을 사용한다. 임시적 학습자 모형에서 사용자 지식은 사용자 개별 학습 히스토리, 사용자 행동과 이전의 문제 해결 상황을 나타내는 일련의 episode로 표현한다.

ELM-ART에서 링크의 주석은 신호등 메타포어를 사용한다. 또한 ELM-ART는 웹에서 Lisp 컴파일러를 가지고 번역할 수 있는 대화적 예시들을 포함하고 있다. 개별적인 학습자 모형은 방문한 페이지, 해결된 테스트와 알려진 개념적 모형에서 대응하는 개념을 표식(mark)하여 해결된 프로그래밍 문제를 저장한다.

2.2.2 INTERBOOK[4]

INTERBOOK은 계층적으로 구조화된 MS 워드 파일을 기반으로 하여 도메인 개념의 리스트를 만들고 결과와 사전지식을 가지고 페이지를 구조화하고 주석을 달고 HTML으로 변환하며, 정보는 Lisp 구조로 파싱하는 등의 여러 단계로 실행된다. INTERBOOK는 개념 기반 오버레이 모형을 사용한다. 각 교과서 단위는 일부 도메인 모형 개념으로 인덱스하였다.

적응은 신호등 메타포어를 사용하여 적응적 연결주석을 지원한다. 이는 사전지식정보를 포함하고 있는 주석이 달려있는 페이지 목록 표현에 의해서 사전 지식기반 도움말을 구현한다.

페이지 순서는 3 단계로 실행한다. 첫 번째

단계에서는 각 개념에 대한 제안된 지식 상태의 전반적인 점수를 계산한다. 이 점수를 근거로 하여 시스템은 개념을 미리 잘 학습할 것인지 또는 아닌지를 결정한다. 두 번째 단계에서, 시스템은 제안된 교수 오퍼레이션이 포함된 페이지 또는 빠진 사전지식을 결정한다. 개념과 서로 다른 교육적 상태들의 세션 연결은 서로 다른 아이콘에 의해 주석된다. 세 번째 단계에서 시스템은 알려지지 않은 개념의 소개와 사전지식이 없이 빠진 이용 가능한 모든 페이지 중에서 가장 최적의 페이지를 선택한다. 모든 페이지들에 대해 표현에 대한 우선순위는 기본 값을 근거로 하여 지정하며 요구되고 도입되는 개념의 지식 상태에 따라 우선순위는 변경된다.

2.2.3 PT[2]

PT(personalized text system)는 C프로그래밍 언어를 학습하기 위한 것으로 개별 모형과 함께 목표 독자(Pascal 프로그래머)의 고정된 사용자 모형을 사용한다. 고정된 사용자 모형은 지식 구성요소에 대한 정확한 값을 제공하며 이를 가지고 사용자 모형을 초기화한다. 개별 모형에서 개별 사용자의 지식 값은 PT를 가지고 작업하는 동안 저장된다.

적응을 위해서 PT는 사용자에게 대한 정보를 표현을 Pascal과 C간의 유사성을 사용한다.

<표 1>과 <표 2>는 2.2절에서 기술한 3가지 적응적 교육용 하이퍼미디어 시스템을 사용자와 특성과 적응적 항해 방법을 가지고 비교·분석한 것이다.

<표 1> 적응적 하이퍼미디어 시스템에서 고려한 사용자 특성

	지식	목표	선호	배경	경험	학습 속도
ELM-ART	X				X	
INTERBOOK	X	X			X	
PT	X	X				X

X : 시스템에서 고려한 내용을 의미

<표 2> 3가지 적응적 하이퍼미디어 시스템의 링크 수준 적응 방법

항해 지원	페이지 순서	부가적 항해 지원	사용자 관찰	목표 지원	예시 지원
ELM-ART	course	주석	테스트, read page		section
INTERBOOK	page, course	주석	테스트, read page	사용자 정의	section
PT		은닉	테스트		section

3. 신경회로망을 이용한 사용자 모형 설계 및 실험

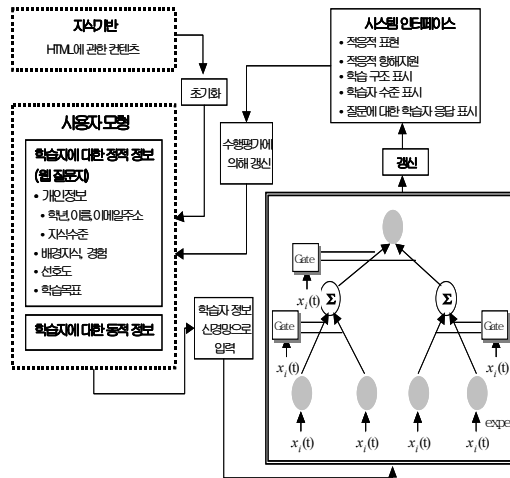
3.1 사용자 모형 설계

사용자 모형은 학습자의 학습 효과와 수행 결과에 대한 학습자의 행위와 지식에 관한 모든 특성들을 포함해야 한다. 사용자 모형에 저장된 정보는 시스템의 적응성에 의해 결정된다. 따라서 사용자 모형을 만드는 것은 매우 정교하고 복잡한 작업이 필요하다. 사용자 개개인의 차이를 고려하는 하이퍼미디어 설계는 어려운 작업이다.

본 연구에서는 서로 다른 흥미를 가진 학습자, 서로 다른 기초 지식을 지닌 다양한 형태의 학습자들의 학습 수준을 사용자 모형에서 자동적으로 군집화(clustering)하여 학습자에 맞게 학습 내용을 변경시킬 수 있는 사용자 모형을 설계하였다.

<그림 2>는 본 논문에서 설계한 사용자 모형 구조와 지식 습득 과정을 도식화한 것이다. 학습하는 동안 변경되지 않는 학습자의 선호도, 배경지식 등과 같은 학습자에 대한 정적인 개인 정보는 간단한 웹 설문지를 통해 학습 과정 시작하기 전에 얻었으며, 학습 하는 과정에서 변경되는 학습자에 관한 정보를 자동적으로 학습할 수 있도록 신경회로망 기법을 이용하여 개발하였다.

설문지를 통해 얻은 자료는 신경회로망 사용자 모형의 입력 공간(입력 층)으로 들어간



다. 이를 수식으로 표현하면 (식1)과 같다.

<그림 2> 사용자 모형구조 및 지식 습득과정

$$X = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}_{t=1}^N \quad (\text{식1})$$

여기서 $x_i(t)$ 는 t 번째 학습자의 i 번째 웹 질문지에 대한 대답을 의미한다.

$x_i(t)$ 는 (식2)와 같이 네트워크의 가중치(w_{ij})와 곱해져 expert l 의 출력이 된다.

$$y_i(t) = f\left(\sum_{l=1}^M w_{il}(t)x_i(t)\right) \quad (\text{식2})$$

w_{il} 은 i 번째 expert의 가중치를 의미하며 함수 f 는 로지스틱 함수를 사용하였다. Gating 네트워크 출력은 (식3)과 같다. Gating 네트워크 출력도 비선형성을 갖도록 상위 레벨 gating 네트워크는 softmax 함수를 사용하였다. 이 네트워크는 입력 공간을 부드럽게 군집화하는 역할을 하며 클러스터는 expert 네트워크에 제공된다. 이 과정에서 클러스터 간에 겹침(overlap)이 발생하는데 gating 네트워크를 사용하여 겹침을 해결한다. Gating 네트워크의 가중치가 크면 입력 공간을 뚜렷하게, 가중치가 작으면 부드럽게 나눈다. 학습자의 수준은 학습을 하는 동안 클러스터로 나뉜다.

$$g_i(t) = \frac{\exp(v_k^T x)}{\sum_k \exp(v_k^T x)} \quad (\text{식3})$$

본 연구에서 설계한 신경회로망 사용자 모형은 네트워크의 실제 출력이 학습을 하는 동

안 네트워크의 입력으로 피드백되지 않는 open-loop 적응을 수행하도록 하였다.

3.2 학습알고리즘

3.2절에서는 3.1절에서 설명한 사용자 모형에서 자동적으로 학습자의 학습 수준을 균집화하는 학습알고리즘에 관해 설명한다.

본 논문에서 제안한 학습알고리즘은 측정이 불완전한 자료일 때 최대 우도 매개변수 추정을 계산하기 위한 반복 알고리즘으로 가장 좋은 도구 중의 하나인 EM알고리즘[]을 기반으로 하고 있다. 확률분포는 (식4)와 같이 gaussian 형태를 갖는다.

$$P(y^{(i)}|x^{(i)}, w_i, \sigma_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma_i^2}(y^{(i)} - \tilde{y}_i)^2} \quad (\text{식4})$$

여기서 σ_i^2 은 expert i 의 분산 매개변수이다.

본 학습알고리즘은 입력 공간을 내포된 영역들의 집합으로 나누고 단순한 표면이 이 같은 영역에 자료가 떨어지도록 적합(fitting)하는 어닐링 EM 알고리즘을 제안하였다.

입력 공간 분할은 모든 노드들과 모든 예시 $(y^{(i)}, x^{(i)})$ 에 대한 결합사후확률 $\{\zeta_i^{(i)} = P(\epsilon_i, An(\epsilon_i)|y^{(i)}, x^{(i)})\}$ 로 다음과 같다.

$$P(\epsilon_i|An(\epsilon_i), y^{(i)}, x^{(i)}, \theta) = \frac{P(y^{(i)}|\epsilon_i, An(\epsilon_i), x^{(i)})P(\epsilon_i|An(\epsilon_i), x^{(i)})}{\sum P(y^{(i)}|\epsilon_j, An(\epsilon_j), x^{(i)})P(\epsilon_j|An(\epsilon_j), x^{(i)})} \quad (\text{식5})$$

여기서 $An(\epsilon_i)$ 는 ϵ_i 에서 루트 노드까지의 조상들을 의미한다. 그리고 θ 는 ϵ_i 의 매개변수들과 ϵ_i 의 조상들의 집합이다. 결합 확률을 다음과 같다. (식6)에서의 분모의 합은 트리에서 ϵ_i 와 동일한 레벨에 있는 모든 노드들의 합을 의미한다.

$$L = P(\epsilon_i, An(\epsilon_i)|y^{(i)}, x^{(i)}, \theta) = \frac{P(y^{(i)}|\epsilon_i, An(\epsilon_i), x^{(i)})P(\epsilon_i, An(\epsilon_i)|x^{(i)})}{\sum P(y^{(i)}|\epsilon_j, An(\epsilon_j), x^{(i)})P(\epsilon_j, An(\epsilon_j)|x^{(i)})} \quad (\text{식6})$$

$P(y^{(i)}|\epsilon_i, An(\epsilon_i), x^{(i)})$ 는 주어진 노드 i 와 노드의 조상들이 주어졌을 때 t 번째 목표의 확률이다. 단말 노드에 대해서는 이는 단말 노

드에서 expert의 형태의 함수이다. 비단말 노드에 대해서는 노드의 형제들로부터 적절한 항들을 위로 전파하여 계산된다. 본 논문에서 설계한 모형에서의 우도 추정은 expert와 gate들을 위한 초기 매개변수의 선택에 따라 달라진다. 예를 들어, expert가 2개인 mixture에서 만일 expert 매개변수 값들이 같고 gate 매개변수 값들이 0이면 훈련은 매개변수들 값을 변경시킬 수 가 없다. 따라서 expert와 gate 매개변수들의 대칭(symmetry)을 깨기 위하여 0에 가까운 잡음($0 \pm a$)을 주었다. 본 연구에서는 계층에서 각 노드에서의 가지 수를 2로 고정하여 이진 트리 형태를 갖도록 하였다. 따라서 트리의 깊이(depth)는 (식7)에 의해 결정한다.

$$\frac{1}{\log 2} (\log(N+2(d+1)) - \log(d+1) - \log(k+2)) \quad (\text{식7})$$

여기서 N 은 훈련 예시들의 개수이고, d 는 입력 x 의 차원이고 k 는 목표 y 의 차원이다.

본 논문에서 제안한 학습알고리즘은 <그림 3>과 같다. 사후확률의 정의가 주어지면 사후 전파 알고리즘에 의해서 계산되므로 본 논문에서는 gate와 expert 최적화를 위하여 David MacKay에 의해서 제안된 conjugate gradient 알고리즘[7]을 사용하였다.

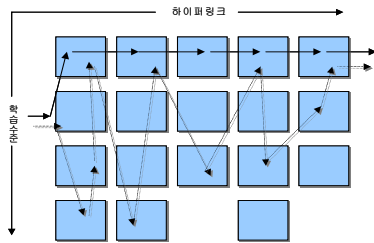
모든 예시들 $\{y^{(n)}, x^{(n)}\}$ 에 대하여

- [1] 각 단말 노드를 평균값 $(\frac{1}{\text{학습자수}} \pm a)$ 으로 초기화.
- $T \leftarrow$ 높은 온도 설정
- [2] 각 단말 노드에 대하여 재귀에 의해서 $P(\epsilon_i, An(\epsilon_i)|x^{(n)})$ 계산후 사후 전파.
- [3] expert와 gate의 매개변수를 가지고 최대우도를 구할 때까지 다음 과정을 반복
 - a. 모델의 우도 L_{old} 계산
 - b. expert와 gate네트워크의 사후확률을 계산
 - c. 각 expert와 gate의 기울기 계산. 매개변수들 갱신
 - d. 새로운 우도, L_{new} 계산
 - e. $\Delta L = L_{new} - L_{old}$ 계산
 - f. 만일 $\Delta L \geq 0$ $P(\text{accept}) = 1$ 그렇지 않으면 $P(\text{accept}) = e^{-\Delta L/T}$
 - g. accept된 매개변수 값들의 평균 계산
- [4] 최종 온도에 도달했으면 stop. 어닐링 스케줄에 따라 온도 T 감소하여 단계 3으로 go.

<그림 3> 학습 알고리즘

본 논문에서는 2가지 목적을 위해 사용자에게 적응 표현을 설계하였다.

- 1) 주어진 사전 테스트에 대한 대답을 기반으로 하여 사용자에게 동적인 피드백을 주기 위해 사용하였다.
- 2) 모든 사전지식에 대한 값을 주기 위해 사용하며 이는 <그림 4>와 같이 링크 은닉 효과를 준다. 초보 단계에서 고급 단계로 순서적으로 레슨을 이동하기 위한 계층적 구조로 설계하였다. 계층적 구조는 가장 효율적으로 링크 은닉 적용 향해 기법이 가능하기 때문이다. 고급 개념으로의 연결은 사용자 customize화된 레슨 인덱스로부터 활성화되어 html 링크에 의해 접근 가능하게 하였다.



<그림 4> 적응적 항해 방법

본 연구에서는 사용자 모형에 링크 은닉 방법을 사용하여 학습자들이 이용할 수 있는 문서들을 결정하며 새로운 학습자는 사전지식 없이 기본 개념에 접근할 수 가 있다. 기본 개념을 습득한 후에는 학생들이 더 발전된 개념에 대한 문서들을 자문할 수 있으며 습득에 대한 평가는 경계치(threshold)를 정해놓고 그 경계치가 넘으면 다음 개념을 학습할 수 있도록 하였다. 너무 쉬운 문서나 너무 어려운 문서들에 대한 링크는 화면에서 제거된다. 콘텐츠 도메인은 적절하게 순서화가 된 사전지식 기반 모듈을 가지고 설계하였다.

3.3 시뮬레이션 결과

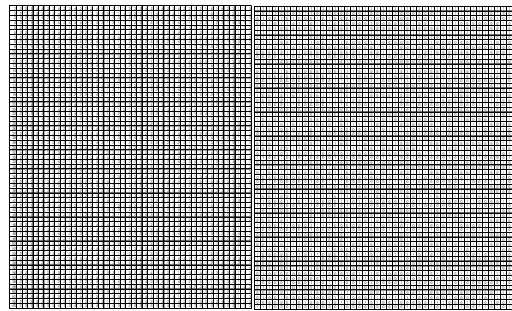
본 논문에서 개발한 사용자 모형 구조 및 학습 알고리즘 성능을 평가하기 위해서 3개 카테고리(웹에 관한 기본 개념, 멀티미디어, HTML)에 관한 내용을 43개의 문제를 가지고 기술하였

다.

평가 점수는 정답 수와 동일하며 사전 평가만 실시하였으며, 교사들은 평가 도구의 내용 타당성, 항목 타당성과 샘플링 타당성 측면에서 제대로 평가가 이루어지고 있는지를 검토 하도록 해야 하는데 본 논문에서는 이 부분은 실시하지 않았다.

학습자들을 학습 수준에 따라 다른 학습 내용을 제공하기 위해서 100개의 가상 데이터를 만들어 훈련 자료로 사용하였다.

본 논문에서 설계한 사용자 모형을 사용하기 전의 형태는 <그림 5좌측>이며 학습 모형을 가지고 학습하기 위해서 <그림 5우측>과 같이 각 문항들에 대해 정답일 경우는 1로 오답일 경우는 0으로 2진화하였다.



<그림 5> 학습하기전의 데이터 형태

본 논문에서 제안한 사용자 모형을 가지고 실험한 결과는 <표 3>과 같다. 학습자의 수준은 8개의 클러스터, 즉 8단계 학습 수준으로 분류되었으며 각 클러스터에는 하이퍼미디어로 연결되는 링크가 사용자의 학습 수준에 따라 정확하게 다르게 나타났다. 이는 학습자의 수준에 따라 다른 문서를 보여주는 것을 의미한다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

적응적 하이퍼미디어는 교실 환경에서의 교육이나 다른 매체를 활용하여 교육적 효과보다도 더 많은 교육적 잠재능력을 지니고 있으며 교육에서의 웹의 잠재적 동적 역할의 비전을 보여주고 있다.

본 논문에서는 콘텐츠 표현과 적응적 항해에

<표 3> 개발된 사용자 모형으로 학습한 결과

학습수준	클러스터에 있는 링크
c1	cluster1 link24 cluster1 link29
c2	cluster2 link19 cluster2 link23 cluster2 link21 cluster2 link18
c3	cluster3 link05 cluster3 link06 cluster3 link10 cluster3 link11
c4	cluster4 link22 cluster4 link20
c5	cluster5 link01 cluster5 link12 cluster5 link13 cluster5 link15
c6	cluster6 link27 cluster6 link25 cluster6 link30 cluster6 link31 cluster6 link32 cluster6 link28
c7	cluster7 link16 cluster7 link17
c8	cluster8 link02 cluster8 link26 cluster8 link14 cluster8 link04 cluster8 link03 cluster8 link07 cluster8 link09 cluster8 link08

초점을 두고 사용자 모형을 개발하였다. 설계한 링크 은닉을 결합하여 동작하는 사용자 모형은 학생들의 현재 지식수준이나 콘텐츠 도메인의 숙련기술을 기반으로 링크 은닉 가능 또는 사용 불가능한 링크로 되게 하였다. 개발한 사용자 모형을 가지고 시뮬레이션한 결과 학습자 수준에 따라 다르게 콘텐츠를 제공하였다. 따라서 본 사용자 모형으로 개발된 하이퍼미디어는 전통적인 하이퍼미디어 시스템보다 교수·학습에 현저한 수행 능력을 보일 것이다.

본 연구에서는 학생모형을 오버레이 전략에 제한을 두었기 때문에 앞으로 오버레이 오류에 대한 개인교수(tutoring)를 지원해야 할 것이다. 오류 라이브러리를 위한 개인교수 전략은 아직까지 개발되지 않았다. 따라서 앞으로 개인교수 전략에 대한 설계가 이루어져야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] P. Brusilovsky(1994), Adaptive hypermedia: an attempt to analysis and generalize, In Workshop on Adaptive hypertext and hypermedia at UM'94, Hyannis, Cape Cod, MA, USA, August.
- [2] P. Brusilovsky, E. Schwarz, and G. Weber(1996), ELM-ART: An intelligent tutoring system on world wide web, In C. Frasson, G. Gauthier, and A. Lesgold, editors, Intelligent Tutoring Systems

(Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1086), Berlin, Springer, 261-269.

- [3] P. Brusilovsky, E. Schwarz, and G. Weber (1996), A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbooks on WWW, In Proceedings of WebNet'96 - World Conference of the Web Society, Boston, MA, USA, June.
- [4] Brusilovsky, P., Eklund, J., and Schwarz, E.(1998), Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware, Computer Networks and ISDN Systems (Proceedings of Seventh International World Wide Web Conference, 14-18 April 1998) 30 (1-7), 291-300.
- [5] De Bra, P & Calvi, Licia(1997), Improving the User of Hyertext Courseware through Adaptive Learning, in HyperText 97 , the Eighth ACM Conf, on HyperText, Southampton, UK, ACM, New York, NY.
- [6] <http://www.psychologie.uni-trier.de:8000/elmart>
- [7] <http://vision.eng.shu.ac.uk/neural/Bayesian/wol.ra.phy.cam.ac.uk/mackay/c/macopt.html>

저자 소개

유정수



전북대학교(학사)
충남대학교(이학박사)
현재: 전주교육대학교
컴퓨터교육과 교수
2003년 - 현재: 콜로라도주립대
학교 Dept. of Computer

Science & Lifelong Learning Center 방문교수
관심분야 : 적응적 하이퍼미디어, 신경회로망,
이러닝, 적응적 메타 디자인

E-mail : jsyu@jnue.ac.kr