

학습자 인지정보 모델 기반의 교육 시스템 설계

백영태*, 이세훈**, 윤경섭**, 왕창종***

*김포대학 멀티미디어전공

**인하공업전문대학

***인하대학교 공과대학 전진컴공학부

Design of the Educational System based on Cognitive Information Model of Students

YeongTae Baek*, SeiHoon Lee**, KyungSeob Yoon**, ChangJong Wang***

Dept. of Multimedia, Kimpo College*

Inha Technical College**

Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University***

요약

교육은 네트워크와 컴퓨팅 파워의 발달로 인한 가장 큰 응용 분야로서 각광을 받고 있으며, 많은 상업적 솔루션의 발표와 연구들이 진행되고 있으나 학습자들의 요구를 충족시키지 못하고 있다. 즉, 학습자들은 개인의 학습 능력에 맞는 개별화된 콘텐츠로 교육받기를 원한다. 이 연구에서는 이러한 학습자들의 개별화된 학습 요구를 만족시키기 위해, 학습자의 인지 정보를 시간의 흐름에 따라 실시간 모델링을 할 수 있는 모델을 제안하였고, 이러한 모델에 기반한 교육 시스템을 설계하였다.

1. 서론

네트워크의 발달과 컴퓨팅 환경의 고급화로 인하여 이를 기반으로 하는 애플리케이션에 대한 요구가 증가하고 있으며, 특히 교육 분야는 매우 성공적이며 영향력 있는 응용 분야로 인식되고 있다. 많은 연구와 기업들이 교육 분야의 솔루션으로 발표되고 있다. IBM의 LearningSpace[1]와 WebCT[2] 같은 시스템은 현재 전 세계적으로 가장 많은 학교와 기업에서 채택해서 사용하고 있으나, 이들은 콘텐츠의 관리에 많은 초점을 맞추고 있으며 실질적인 개별 교육에 한계를 갖고 있다. 개별 교육에 대한 연구는 이미 오래 전부터 지능형 교육 시스템(ITS: Intelligent Tutoring System) 분야에서 연구되어 왔으며[3,4,5], 근래에는 적응적 교육 시스템(AES: Adaptive Educational System)[6]으로 발전되어 가고 있다. 이러한 ITS나 AES에서는 일반적으로 학습자를 모델링 할 수 있는 모듈을 갖고 있으며, 이러한 모듈은 학습자에 관한 지식 상태를 표현한 데이터 구조인 학습자 모델과 이것을 진단 처리하는 진단 기능을 갖고 있다. 학습자 모

델과 진단 과정은 서로 강한 연관성을 가지고 있으며, 반드시 함께 설계되어야 한다. 이때 설계 문제를 학습자 모델링이라 한다.

이 연구에서는 학습자에 대한 정보를 학습자 개인차를 고려한 지능적인 교육을 위해 학습자의 인지 상태를 파악하여 학습의 진도 결정, 의도적인 조언 제공, 문제의 생성, 적절한 설명을 할 수 있는 인지 모델을 제안하고, 이 모델에 기반한 교육 시스템을 설계한다.

2. 학습자 모델 기법

이 절에서는 전형적인 학습자 모델을 분류하고, 지식 표현 방법, 진단 기법들에 대해 분석한다[3,4,5].

2.1 학습자 모델의 분류

진단 모듈에 타당한 입력의 특성과 학습자 모델의 구조적 특성을 근거로 분류한 학습자 모듈을 살펴보면 학습자 모듈간에는 차이점이 많다. 여기에서 제시된 분류는 문제 해결 기법을 달리하는 학습자 모델링 문제에서 차이점들을 찾으려고 한다. 이러한 분류가

정확하다면, 이것은 어떤 종류의 학습자 모델링 기법이 새로운 학습자 모델링 문제에 가장 유용한 것인가를 예측하는데 사용될 수 있다. 학습자 모델의 분류는 3차원으로 되어 있다. 첫 번째는 진단모듈에 타당한 인터페이스로 대역폭(bandwidth)이다. 진단 모듈이 정보를 적게 가질수록 그 추론 과정은 더욱 힘들게 된다. 대역폭 차원으로는 입력의 양과 질에 따라 사고 상태(mental state), 중간 상태, 최종상태로 분류할 수 있다. 두 번째는 학습자 모델의 구조적 특성인 목표 지식 형태이다. 문제를 해결한다는 것은 학습자 모델에서 지식을 문제에 적용하는 해석 프로세스를 요구한다. 해석의 종류에는 절차적 지식 해석과 선언적 지식 해석이 있다. 세 번째는 학습자 지식과 전문가 지식의 차이이다. 학습자가 대개 지식의 초보 단계로부터 완전학습 단계로 나아가려 하기 때문에 학습자 모델은 초심자를 대표하는 것에서 전문가를 대표하는 것으로 변화할 수 있어야 한다. 학습자 모델은 전문가 모델에 여러 가지 차이점들을 첨가하여 표현된다. 학습자의 예러는 학습자의 응답에 따른 지식 상태에 따라 분실한 개념(missing conception), 누락 개념(misconception)으로 표현할 수 있다. 학습자는 일반적으로 교육을 통하여 지식의 초기 상태에서 많은 지식을 배우는 상태로 변화하기 때문에 학습자 모델은 초보자를 표현한 상태에서 전문가를 표현한 상태로 점차적으로 변화되어야 한다.

2.2 학습자 모델의 지식 표현 방법

학습자 모델의 내용을 표현하는데 사용되는 방법은 지식베이스에 무슨 지식을 넣을 수 있는가와 어떻게 그 지식이 지식베이스에서 다른 항목들과 관련할 수 있는가 이다. 학습자 모델의 지식을 표현하기 위하여 사용되는 여러 가지 기법들이 있다. 이들 중 많이 사용되는 기법에는 의미망, 절차망 그리고 생성 시스템이 있다.

2.3 학습자 모델의 진단 기법

학습자의 지식 상태를 진단하고 학습자 모델링을 위한 방법으로는 9가지의 진단 기법들이 연구 발표되었다. [표 1]은 진단 기법들과 학습자 모델 사이의 관련성을 나타낸 것으로서 각 항목은 대응하는 학습자 모듈에서 사용된 진단 기법들의 이름으로 채워졌다.

3. 학습자 인지정보 모델

지능형 교육 시스템에서 학습자의 인지정보 모델링의 목적은 전문가가 가르치고 있는 교육내용에 대한 학습자의 이해상태를 표현하기 위함이다.

[표 1] 학습자 모델의 영역 및 진단 기법

지식형태	평면 절차적	계층 절차적	선언적
대역폭			
사고 상태		모델 추적	
중간 상태	주제 추적	계획 인식	전문가 시스템
최종 상태	경로 결정 조건 유도	결정 트리 생성과 검사 상호 진단	생성과 검사

3.1 인지 모델링

기존의 ITS에서 전문가 모델과 관련하여 학습자 모듈이 사용하는 세 가지 학습자 모델링 기법이 있다 [3,4,5]. 오버레이 모델(overlay model)은 학습자의 행위와 전문가 모델의 행위 사이의 차이점으로 전문가가 소유하나 학습자가 소유하지 못한 지식은 학습자가 이해하지 못한 지식을 의미한다. 그래서 학습자 지식은 전문가 지식의 부분집합으로써 보여지는데, 이것은 학습자 지식이 전문가 모델의 내용에 벗어난 정보를 요구하지 않기 때문이다.

차분 모델(difference model)은 학습자의 지식과 전문가의 지식을 비교하는 대신에, 동일 상황에서 전문가 수행과 학습자 수행을 비교함으로써 생성되어진다. 차분 모델링은 학습자가 모르는 것을 학습자가 알아야 하는 것과 학습자가 알 것이라고 기대하지 않는 것의 부류로 나눈다. 학습자가 알아야만 하는 것은 전문가 모델이 그 행위를 생성하기 위하여 사용한 것이지만 학습자는 사용하는데 실패한 것이다. 학습자와 전문가가 가지고 있지 않는 또 다른 지식이 있다. 이 경우 교사는 이러한 영역에서 학습자의 지식에 대한 판단의 근거가 생겼을 때 비로소 판단할 수 있다. 차분 모델은 학습자 지식에 대하여 오버레이가 가지고 있는 문제는 피하지만 아직도 오버레이 모델의 대부분의 단점을 가지고 있다. 차분 모델에서는 학습자 지식을 단지 전문가 지식의 부분집합임을 가정한다. 이러한 가정은 학습자 모델이 완벽하지 못함을 나타낸다. 왜냐하면 전문가 지식 영역의 밖에 있는 어떠한 학습자의 믿음도 표현할 수 없기 때문이다.

버그 모델(buggy model)은 전문가 모델 영역밖에 있는 학습자 믿음을 표현하기 위하여 긴밀한 연결을 유지하면서 학습자와 전문가 모델 사이에 사용될 수 있다. 버그 모델은 전문가 모델에 학습자의 잘못 이해된 개념들의 집합을 포함하는 것이다. 학습자의 잘못 이해된 지식의 집합을 버그 목록(bug-library)이라고 한다. 버그 모델은 학습자의 지식 결여가 분실한 개념으로 파악되는 오버레이를 포함한다. 왜냐하면 버그 모델은 학습자의 분실한 개념과 잘못 이해된 개념을 모델링할 수 있기 때문이다. 학습자 모델은 전문가 모

델과 이러한 에러들로 구성된다. 이것은 학습자의 틀린 답이 전문가들이 갖고 있는 지식의 초보 단계나 불완전한 상태에 의한 것이 아니라 학습자가 가지고 있는 틀린 지식에서 비롯된 결과라는 이론에 근거한 것이다. 이러한 시스템은 학습자의 성취도에 적당한 학습자 모델을 구축하기 위해 에러 항목에서 에러를 찾아내는 것으로 진단 기능을 수행한다. 이때 사용되는 에러 항목은 거의 완벽하여야 한다. 만약 학습자가 에러 항목에 없는 에러를 행하였을 경우 학습자 모델은 에러들의 조합에 의하여 학습자의 행동에 맞는 에러를 생성할 수 있어야 한다. 이러한 기능이 없으면 학습자의 에러 개념을 잘못 진단할 수 있다.

3.2 학습자의 확신 요소

학습자의 인지응답의 변화는 시간에 따라서 불일치하게 나타나는 것을 알 수가 있다. 학습자의 응답이 옳았다가 다음 번 문제에서는 틀리는 경우가 있다. 또는 그 반대의 경우도 있다. 학습자의 지식 인식의 변화를 측정하는 방법이 필요하다.

학습자의 응답에 있어서 매번 불일치하는 경우는 다음과 같다.

- 학습자가 새로운 지식을 습득한 경우
- 학습자의 자기 지식에 대한 확신 부족
- 학습자의 추측
- 학습자의 지식구조를 추론하기 위한 학습자의 행위 해석
- 학습자가 알고있는 지식을 표현하기 위한 능력 부족

3.3 학습자의 응답 분석

학습자 모델의 학습자 응답 진단기는 각 단원별, 주제별로 문제를 학습자 인터페이스를 통하여 학습자에게 질문하고, 그 질문에 대한 학습자 응답을 분석하여 학습자의 인지도를 파악할 수 있다.

여러 학습자에 대하여 각 문제의 시점에 따라서 그 문제 시점 이전까지 학습자의 인지도에 대한 정확하면서, 일반성 있는 평가는 상당히 중요하다. 그 인지 정도의 평가가 어느 한 시점에 대한 정적인 것이 아닌 학습에 따른 동적인 평가이어야 한다. 학습자에 대한 정확한 학습인지도는 추후 학습자에 대한 학습 전략 면에서 중요하고, 저작자가 초기에 제시한 문제들의 중요성에 대한 모니터링에 대한 관점에서도 중요성은 크다고 할 수 있다.

현재 학습자의 인지상태를 계량화하는데 가정하기를 동일한 학습에 대한 과거 문제에 대한 학습자의 응답 가중치가 현재 시점에서의 문제에 대한 학습자

의 응답 가중치 보다 작다고 가정하자. 이것은 시간이 지날수록 경험 또는 학습 이외의 것에 의해 학습자의 학습에 대한 인지도가 증가 할 수 있기 때문에 가정에는 모순이 없다.

3.3.1 문제의 가중치

학습자의 인지 상태를 알아보기 위하여 각 문제의 가중치와 학습자의 인지 상태를 수량화하고 이에 대한 값을 0과 1사이의 값으로 표현한다.

각 문제의 속성이 N 개라고 하자. 이것을 N 차원으로 하면 임의의 문제에 대한 N 개 속성에 의한 문제의 가중치 QW (Question Weight)로 나타낼 수 있다. 즉, i 번째 문제 X_i 의 속성 값은 (x_1, \dots, x_n) 로 표현할 수 있다. (여기서 각 원소 x_i 는 $1 \leq x_i \leq n$ 인 정수).

정의 1. QW (Question Weight) 문제의 가중치

$$QW = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n \text{Max } x_i}$$

QW (Question Weight)는 문제의 차원 값을 상대적으로 표준화 한 값으로 모든 문제의 값을 0과 1사이의 절대화 할 수 있다.

예를 들면 문제의 속성이 난이도(x_1), 단원난이도(x_2), 중요성(x_3)인 3차원으로 표현되고, 첫 번째 차원인 난이도는 어렵다($D=3$), 중간수준($M=2$), 쉽다($E=1$) 등 3개의 수로 표현되고, 두 번째 차원인 단원난이도는 어렵다($D=3$), 중간수준($M=2$), 쉽다($E=1$) 3개의 값으로 표현된다. 또한 3번째 차원인 문제의 중요성은 매우 중요($VVI=3$), 중요($VI=2$), 보통($I=1$) 이라고 할 때 임의의 문제 X_i 의 속성이 난이도는 중간 수준이고, 단원난이도는 쉽고, 문제의 중요성이 보통이라면 문제 X_i 는 (2,1,1)이 된다. 앞의 예를 보면 문제 X_i 의 값은 다음과 같게 된다

$$QW = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{\sum_{i=1}^3 \text{Max } x_i} = \frac{2+1+1}{3+3+3} = \frac{4}{9}$$

3.3.2 학습자 인지상태

N 시점까지 학습자가 문제를 푼 경우 그 시점까지의 학습자의 인지도 CF (Cognitive Factor)는 N 문제까지의 맞은 문제(Correct; $C=1$) 수와 틀린 문제(Wrong; $W=0$)의 수의 조합으로 표현 할 수 있다. 즉, N 문제 = 맞은문제수(C) + 틀린문제수(W)이고, N 문제까지의 학습자 응답 결과는 N 개 성분의 값 (X_1, X_2, \dots, X_n) 으로 표현하면, 각 성분 X_i 는 문제에

대한 학습자의 응답 결과가 맞음(C) 또는 틀림(W)의 순열이다. 이때 한 시점에 대한 가중 값을 TW(Time Weight)라 하면, $TW=(1,3,\dots,(2N-1))$ 로 주어지며, N문제에 대한 CF(M)을 다음과 같이 정의한다

정의 2. N시점까지의 학습자의 인지도 CF

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i}, \text{ 초기상태 } CF(0) = 0.5$$

$$= \frac{(X_1, X_2, \dots, X_n) \cdot (1, 3, \dots, (2n-1))}{1+3+\dots+(2n-1)}$$

저작자는 초기 값으로 학습자의 인지상태를 0과 1 사이의 중간 값인 0.5로 입력한다.

초기치 : $CF(0) = 0.5$

1번 문제

$X_1 = C$ (맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{1 \cdot 1}{1} = 1$$

$X_1 = W$ (틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{0 \cdot 1}{1} = 0$$

2번 문제

$X_1 = C, X_2 = C$ (모두 맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(1,1) \cdot (1,3)}{1+3} = \frac{4}{4} = 1$$

$X_1 = C, X_2 = W$ (맞고 틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(1,0) \cdot (1,3)}{1+3} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$X_1 = W, X_2 = C$ (틀리고 맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(0,1) \cdot (1,3)}{1+3} = \frac{3}{4} = 0.75$$

$X_1 = W, X_2 = W$ (모두 틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(0,0) \cdot (1,3)}{1+3} = \frac{0}{4} = 0$$

3번째 경우

$X_1 = C, X_2 = C, X_3 = C$ (모두 맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(1,1,1) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{9}{9} = 1$$

$X_1 = C, X_2 = C, X_3 = W$ (맞고 맞고 틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(1,1,0) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{4}{9}$$

$X_1 = C, X_2 = W, X_3 = C$ (맞고 틀리고 맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(1,0,1) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{6}{9}$$

$X_1 = W, X_2 = C, X_3 = C$ (틀리고 맞고 맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(0,1,1) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{8}{9}$$

$X_1 = C, X_2 = W, X_3 = W$ (맞고 틀리고 틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(1,0,0) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{1}{9}$$

$X_1 = W, X_2 = C, X_3 = W$ (틀리고 맞고 틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(0,1,0) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{3}{9}$$

$X_1 = W, X_2 = W, X_3 = C$ (틀리고 틀리고 맞은 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(0,0,1) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{5}{9}$$

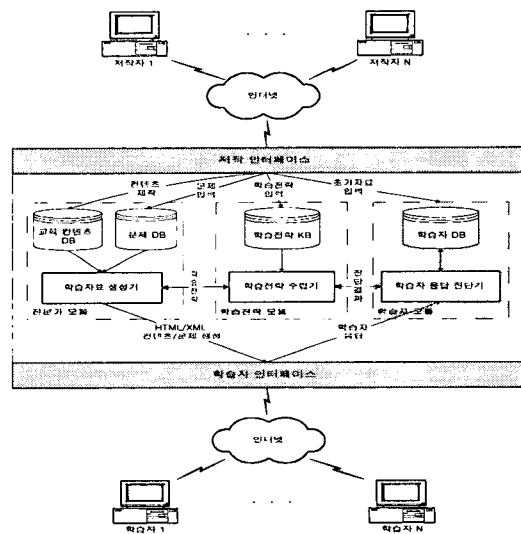
$X_1 = W, X_2 = W, X_3 = W$ (모두 틀린 경우)

$$CF(M) = \frac{N \cdot TW}{\sum_{i=1}^N TW_i} = \frac{(0,0,0) \cdot (1,3,5)}{1+3+5} = \frac{0}{9}$$

이러한 방식으로 정답과 오답의 배열에 대한 시간의 흐름에 따라 학습자의 인지 상태를 모니터링할 수 있으며, 모니터링된 인지 상태에 따라 학습자의 개별화된 전략을 구현할 수 있을 것이다.

4. 인지 정보 모델 기반의 학습자 모듈의 설계

이 절에서는 제안된 인지 정보 모델을 기반으로 한 교육 시스템을 설계한다. 교육 시스템은 크게 4개의 구성요소로 나눌 수 있으며 그 구성요소로는 전문가 모듈, 학습전략 모듈, 학습자 모듈, 저작 인터페이스와 학습자 인터페이스 등이다. 제안하는 시스템의 전체적인 흐름은 그림 1과 같다.



[그림 1] 시스템 구성도

전문가 모듈은 교육 콘텐츠 DB, 문제 DB, 학습자료 생성기로 구성되어 있고 영역 지식의 전문가 및 저작자는 웹 상에서 저작 인터페이스를 통해 교육할 콘텐츠와 문제를 제작하여 전문가 데이터베이스에 저장한다. 또한 학습자료 생성기는 학습전략 모듈의 학습전략 생성기에서 생성된 학습전략으로 전문가의 데이터베이스에서 웹 콘텐츠 및 문제를 추출하여 학습자에게 제시한다.

학습전략 모듈은 학습전략 지식베이스와 학습전략 수립기로 구성되어 있다. 전문가는 웹 상에서 저작 인터페이스를 통해 학습 전략을 학습전략 지식 베이스에 입력한다. 학습전략 생성기는 학습자 모듈의 학습자 응답 진단기로부터 진단결과를 넘겨받아 학습전략 지식 베이스의 내용을 가지고 학습전략을 수립한다.

학습자 모듈은 학습자 DB와 학습 응답 진단기로 구성되어 있다. 학습자 DB는 웹 상에서 전문가가 저작 인터페이스를 통하여 학습자에 대한 초기 자료를 입력한다. 또한 학습자 응답 진단기를 통하여 학습자의 인지 상태를 넘겨받아 학습자에 대한 최선의 자료로 수정해 나간다. 학습자 응답 진단기는 학습자 인터페이스를 통하여 학습자의 응답을 입력받아 학습자에 대한 현재 상태의 인지상태를 진단하고 학습자 DB에 자료를 수정하고 진단 결과를 학습전략 생성기에 보내어 학습전략 생성기에서 학습전략을 수립하는 데 활용한다. 학습자 모듈에서 학습자의 인지 상태는 이 연구에서 제안한 문제에 대한 가중치와 시간의 흐름에 따른 정답과 오답의 변화 과정을 실시간으로 적용한 모델을 구현한 것으로써, 하나의 개념에 대한 학습자의 학습 과정을 모두 모니터링하여, 시스템에서 가장 적절한 전략을 구현할 수 있도록 하였다.

인터페이스 모듈은 저작 인터페이스와 학습자 인터페이스로 구성되어 있다. 저작 인터페이스는 영역 전문가가 웹 상에서 콘텐츠 제작, 문제 입력, 학습전략 입력, 학습자에 대한 초기자료를 입력한다. 학습자 인터페이스는 전문가 모듈의 학습자료 생성기로부터 콘텐츠 및 문제를 HTML 또는 XML 형식으로 생성하여 웹 브라우저를 통하여 학습자들에게 제공한다. 또한 웹 브라우저를 통하여 학습자 응답을 입력받아 학습자 모듈의 학습자 응답 진단기로 보낸다.

5. 결론

교육 시스템에서 가장 중요한 요소 중 하나는 학습자의 지식 상태를 파악하여 개별화된 콘텐츠를 제공할 수 있는 능력이다. 또한 학습자의 인지 상태는 학

습이 진행되면서 동적으로 변화를 하며, 이러한 변화를 정확하게 파악하는 것이 무엇보다 중요할 것이다. 이 연구에서는 학습자의 인지 상태를 문제의 중요도와 학습 과정의 시간 흐름을 중심으로 파악할 수 있는 인지 정보 모델을 제안하고, 이러한 인지 정보 모델을 기반으로 하는 교육 시스템을 설계하였다. 설계된 교육 시스템은 인지 정보 모델을 반영한 학습자 모듈을 중심으로 전문가의 지식 데이터베이스를 갖고 있는 전문가 모듈, 학습 전략 모듈, 인터페이스 모듈로 구성되어 있다.

향후 연구 방향은 교육 시스템의 국제적인 표준화 기구인 IMS에서 발표한 학습자 메타 정보 모델[7]을 이 연구에서 제안하는 모델과 연동하는 것이다.

[참고문헌]

- [1] IBM Lotus, LearningSpace, www.lotus.co.kr, 2001
- [2] WebCT, WebCT, www.webct.com, 2001.2 .
- [3] D. H. Sleeman and J. S. Brown(Eds.), Intelligent Tutoring Systems, *Academic Press, NewYork*, 1982.
- [4] M.C. Polson and J.J. Richardson (Eds.), Foundations of Intelligent Tutoring Systems, *Lawrence Erlbaum Ass. Pub.*, 1988.
- [5] 이기호, 최영미, 지능형 교육 시스템 개론, 교학사, 1992.
- [6] Adaptive Hypertext &Hypermedia, <http://www.wis.win.tue.nl/ah/>
- [7] IMS, IMS Learner Profiles Specification, <http://www.imsproject.org/specifications.html>, 2001.3.