

전자계산기구조 학습을 위한 ITS 학습자 모듈의 설계

오필우[†] · 김도윤[†] · 김명렬^{†*}

요 약

기존 CAI(Computer Assisted Instruction) 학습방법에서의 문제점은 학습자의 개인적 특성을 충분히 고려하지 못한 채 교수설계자가 정한 학습 경로에 따라 학습하도록 구현되었다는 점이다. 이런 점을 해결하기 위해서는 시스템 설계 시 누적된 개인자료를 통하여 개인차를 지능적으로 판단하고, 결손된 부분을 처방할 수 있는 인공지능을 갖춘 ITS(Intelligent Tutoring System)가 필요하다. 본 연구에서는 향후 시스템 설계자가 전자계산기구조 학습을 위한 시스템 설계 시 학습자가 학습과정에서 범할 수 있는 오류와 성취능력수준을 파악하여 수준별 학습이 가능토록 할 수 있는 학습자 모델링을 설계하는데 있어 고려하여야 할 요소들을 제시하였다.

키워드 : 전문가 시스템, 학습자 모듈, 전자계산기구조

The Design of Student Module in the ITS for learning Electronic Calculator Architecture

Pill-Woo Oh[†] · Do-Yun Kim[†] · Myeong-Ryeol Kim^{†*}

ABSTRACT

It has been found that the learning method based on conventional CAI(Computer Assisted Instruction) to be inadequate and inefficient as it is designed without considering the individual learning characteristics of the learners. In order to rectify and remedy the problem, the development of an ITS(Intelligent Tutoring System) that is adequately equipped with an artificial intelligence that successfully interprets the individual learning ability characteristics through accumulated individual data is in order. This study attempts to verify the individual acquisition ability and the possible error committed by learners in the process of learning in order to present the elements to be considered for designing a successful student module that enables the effective learning through the 'learner ability grouping' for learning Electronic Calculator Architecture.

Keywords : ITS, Student Module, Electronic Calculator Architecture

1. 서 론

컴퓨터의 발달과 보급은 인간의 문명 발달에 따른 가속을 위한 폐달 역할을 하고 있으며 정치, 경제, 문화 등 그것이 미치지 않는 곳이 없다 하여도 과언이 아닐 것이다. 특히 교육 분야에서

[†] 정 회 원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
^{††} 총신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신직자)
논문접수: 2004년 8월 26일, 심사완료: 2005년 3월 10일

의 컴퓨터를 통한 새로운 교육패러다임은 기존의 교육방법에 대한 제고와 함께 다각적인 연구가 시도되고 있다.

교육은 일반적으로 가르치는 과정(teaching process)과 배우는 과정(learning process)의 결합으로 구분할 수 있으며 전자는 교사에 의한 제어 알고리즘으로 표현될 수 있고, 후자는 학생에 의한 기능 알고리즘으로 표현될 수 있다. 이러한 두 가지 요소를 하나의 범주에 담아 활용하고자 하는 논의가 컴퓨터교육 분야에서 ITS로 나타나고 있다.

Taylor에 의하면, 컴퓨터는 개인교수자(tutor)로서의 역할과 피교수자(tutee)로서의 역할, 그리고 학습도구(tool)로서의 역할을 하도록 교실수업 상황에 이용될 수 있다고 한다. 이는 컴퓨터가 학습자의 모든 학습상황에 다양한 방법으로 이용될 수 있음을 시사하고 있는 것이다. 기존의 CAI가 획일적인 교수방법과 학습자 개개인의 능력을 무시한 교수 설계자의 순차적 자료에 의해 학습되어지는 반복형 학습도구로 활용됨으로써 7차 교육과정에서 추구하고 있는 수준별 학습에 맞지 않는 것이 사실이다. 이에 이러한 점을 극복하고자 좀 더 지능적으로 개인차를 고려하고, 수동적이 아닌 능동적 완전학습이 될 수 있도록 학습자의 학습활동 전, 학습활동 중, 학습활동 후에 대한 구체적인 정보의 획득과 처방을 통한 교육 시스템이 요구되고 있으며 이는 ITS를 구현하기 위한 핵심요소로 학습자 모듈을 모델링하는 데 기준이 된다.

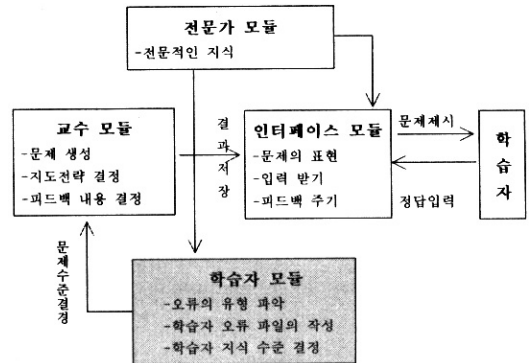
본 연구에서는 정보고등학교에서 전자계산기구조 이론을 학습하는데 있어서 학습자의 상태를 파악하기에 비교적 객관적이다 라고 판단되는 정보수집 방법인 오류 모델(Buggy Model)을 적용하여 각각의 평가를 객관적으로 분석할 수 있는 문항반응이론(IRT-Item Response Theory)과 지식공간론을 적용한 학습자 모듈을 프로토타입 수준에서 설계하여 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1. ITS 기술

ITS(Intelligent Tutoring System)는 특정 영역의 교과과정을 그 분야의 전문가처럼 학습자 개개인의 능력에 적합하게 교육할 수 있는 기법이다[11]. 기존 ITS의 주요기술은 동적인 교과과정 생성, 실시간 문제해결능력, 그리고 학습자모델 구축이라 할 수 있다[3]. ITS는 (그림 1)에서 제시한 것처럼 크게 4가지의 기본적인 모듈로 구성되어 있는데, 전문교사가 가르칠 내용을 포함하는 전문가 모듈, 학생의 수준을 파악하여 정보를 제공하는 학습자 모듈, 교수 방법을 적용하는 교수 모듈, 컴퓨터와 학생 간에 정보를 주고받는 인터페이스 모듈이 그것이다[10]. 특히 학습자 모듈은 진도의 결정, 조언의 제공, 문제의 생성, 설명의 채택 등에 있어서 중요한 요인이 된다.

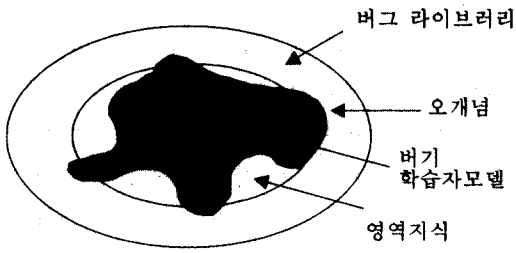
아래의 (그림 1)은 ITS의 구조와 기능을 설명하는 구조도이다.



(그림 1) ITS의 구조와 기능

2.2. 오류 모델(Buggy Model)

오류 모델은 학습자의 잘못 이해된 개념들의 집합을 포함하며 학습자의 지식 결여가 분실한 개념으로 파악되는 오버레이를 포함한다. 오류 모델은 학습자의 분실한 개념과 잘못 이해된 개념들을 모델링 할 수 있으며 문제 해결에 관련된 오류나 무의식적인 실수(slip) 등을 체계적으로 저장하여 분류한 모델로 학습자 모듈 설계 시 중요한 요소가 된다. (그림 2)는 오류 모델의 개념을 구조화하여 나타낸 것이다[10].



(그림 2) Buggy Model

2.3. 문항 반응 이론(Item Response Theory)

IRT는 학습자의 학습 능력을 평가하기 위해 각 문항의 특성인 난이도, 변별도, 추측도 등을 고려하여 어려운 문항이나 변별도가 높은 문항을 맞춘 학습자에게 가중치를 많이 부여하는 방법으로 피험자의 능력수준과 각 문항에 대한 반응의 관계를 통계적 모형으로 기술하는 것으로 시작한다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 문항 특성 곡선을 위한 표준의 수학적 모형은 로지스틱 함수 모형에 기초하고 있는데, 여러 가지 모형 중에서 모수가 3개인 3-모수 모델 로지스틱 모형이 널리 쓰이고 있다[8][15]. 아래의 식 $P_i(\theta)$ 은 문항 i 의 답을 맞힐 확률을 말한다.

$$P_i(\theta) = g_i + \frac{1 - g_i}{e^{-a_i(\theta - b_i)}}$$

여기서 a_i 는 문항 i 의 변별도를 나타내고, b_i 는 문항난이도를 나타낸다. 변별도 a_i 는 $\theta = b_i$ 에서의 $P_i(\theta)$ 의 기울기를 뜻하며 a_i 가 클수록 변별도가 커지며 a_i 가 작을수록 변별도도 작아진다. 여기서 변별도가 큰 문항은 능력이 높은 학습자와 능력이 낮은 학습자를 특히 난이도를 중심으로 분명히 구분하게 된다. g_i 는 추측모수로서 학습자가 단지 추측하여 다항선택의 문항에 대한 정답을 낼 확률을 말한다.

2.4. 지식공간론

교과교육에서 평가의 주된 목적은 학습자의 학습정도를 알기 위함이다. 이는 학습자 개개인의

학습 전후의 지식상태를 분석하여 학습정도 및 처치방법을 효율적으로 지원하기 위한 것으로 다수의 학생에 대한 평가 결과를 분석함으로써 학습내용의 위계, 지식상태가 서로 다른 지식의 상사성 등을 알 수 있다. 이와 같이 학습자 개개인의 정답문항에서 얻어지는 단편적인 정보들로부터 평가에 관련되는 지식 전체에 대한 정보를 추론하는 이론을 지식공간론(knowledge space theory)이라 한다[7][9]. 다수의 평가 대상으로부터 얻은 평가 결과를 다른 학습자에 대한 학습과정의 설계에 이용할 수 있다. 또한, 이것이 진단평가라면 학습자의 학습결손을 메우기 위한 과정으로도 생각할 수 있다. 지식 상태를 통한 지식공간 구성으로 다수의 지식상태의 변화과정을 알 수 있는데 이러한 과정에 거리개념을 도입하면 학습경로를 구할 수 있다[1]. 이 학습경로는 학습요소들의 수업순서를 결정하는데 사용할 수 있다.

2.5. 선행연구의 분석

전자계산기 구조학습을 위한 기존의 선행 연구를 분석하여 각각의 장단점을 아래의 <표 1>과 같이 고찰하고, 이를 바탕으로 앞으로 연구해야 할 방향을 모색해 보았다[2][4][6][12].

<표 1> 선행 연구의 비교 분석

연구자	주 제	장 점	단 점
김현영 (2001)	웹 환경에서 Flash와 자바 스크립트를 이용한 논리회로 학습을 위한 코스웨어 설계 및 구현	시뮬레이션을 적용하여 학습자에게 흥미와 관심을 높였다.	결과값이 단순히 숫자로 제시되므로 학생들이 이해하는데 난해하다.
박지현 (2002)	웹을 기반으로 하는 조합 논리회로 수업 프로그램의 설계 및 구현	다양한 조합논리회로를 설계할 수 있다.	인터페이스의 복잡함으로 인하여 학습자들에게 거부감을 줄 수 있다.
김동식 (2003)	ActiveX 컨트롤을 이용한 단순화된 웹 기반 디지털 논리회로 시뮬레이터	단순 논리게이트 뿐만 아니라 다양한 소자를 구현하여 심화학습이 가능토록 하였다.	수준별 학습 시 기본·보충 학습자에게는 맞지않다.
최수정 (2004)	조합논리회로 학습을 위한 웹기반 코스웨어 설계	수준별 학습을 위해 난이도를 상·중·하로 제시하였다.	난이도 자체를 설계자가 임의로 정하였다.

위의 표에서 보는 바와 같이 선행 연구들은 애니메이션, 시뮬레이션 기법 등 기능면에서는 향상이 있었으나 학습자의 능력이나 수준을 고려한 측면이 없는 기존의 CAI형태의 학습에서 크게 벗어나지 못하고 있다. 학습자들은 학습을 위한 출발점이 각기 다르기 때문에 학습자의 상태를 파악하여 자료를 제공하는 ITS가 요구된다.

2.6. 연구방법 및 내용

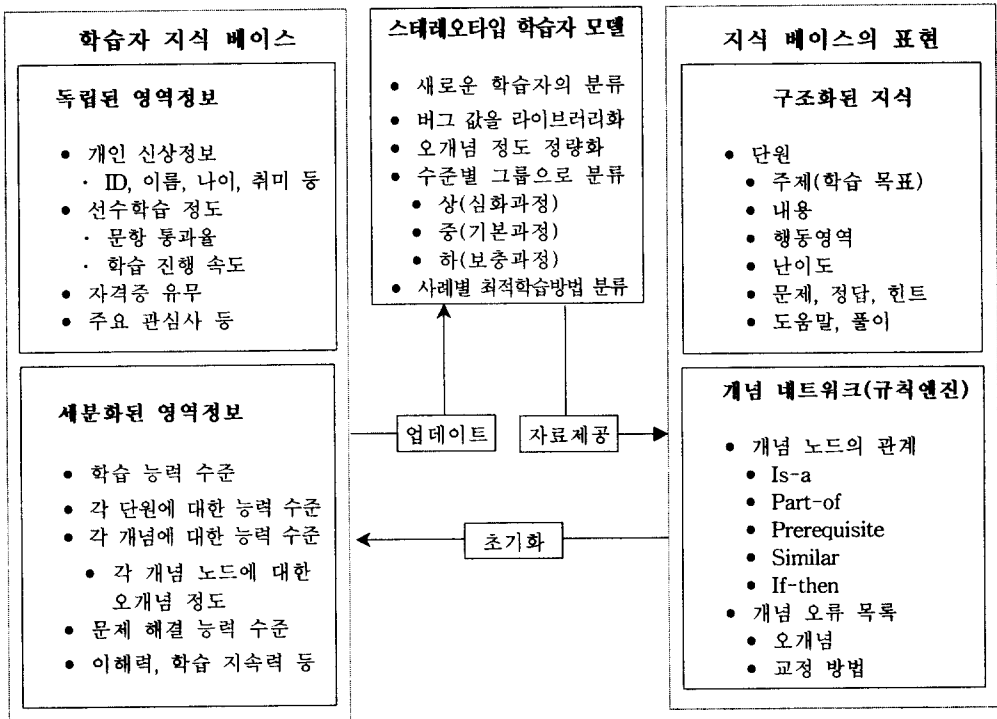
본 연구에서는 학습자의 상태를 가장 잘 파악할 수 있는 학습자 모델링을 제시하여 향후 웹프로그램 구현 시 ITS 학습자 모듈을 설계하는데 표준을 제시하고자 고등학교 전자계산기 구조학습 내용을 예로 들어 설계하였다.

3. 전자계산기 구조학습을 위한 학습자 모델링 설계

3.1. 학습자 모듈의 설계

학습자 모듈은 궁극적으로 완전학습을 이루기 위해 학습자의 문제 해결과정에서 결손된 부분을 찾아 전문가 수준의 지식을 획득하도록 돕는 것이 과제이다. 따라서 학습자 지식 베이스를 통하여 학습자의 학습 성취 상태와 학습 진행 과정을 면밀히 관찰하고 지금까지 무엇을 배워왔고, 현재 무엇을 알고 있는지를 정기적으로 파악하면 학습과정에서 범할 수 있는 학습상의 오류와 그에 따른 적절한 빠른 피드백을 제공할 수 있다.

다인수 학습에서는 교사가 개별학습자들의 지식 상태를 모두 파악할 수 없으므로 학습자 모듈을 통하여 상황이 바뀔 때마다 데이터베이스에 자료를 누적하고 새롭게 갱신하여 정보를 제공하여야 한다. (그림 3)은 전자계산기 구조학습을 위해 학습자 모델링 설계 시 고려되어야 할 구성요소들을 프로토타입 수준에서 제시한 구조도이다.

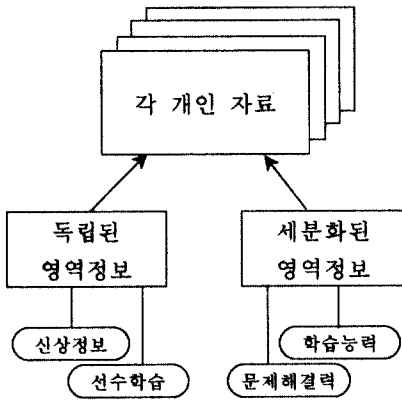


(그림 3) 프로토타입의 학습자 모듈 구조

3.1.1. 학습자 지식 베이스

본 시스템 설계에서는 학습자 지식 베이스를 바탕으로 학습자 개인에 대한 세밀한 정보를 획득하는 것이 무엇보다 중요하다. 면대면이 가장 좋은 방법이 될 수 있겠지만 시스템을 통하여 정보를 수집함으로써 시간과 노력을 줄일 수 있고, 개인별 능력 수준을 구체적으로 세분화 할 수 있다. 가령 A라는 학생과 B라는 학생의 전체적인 능력 수준과 각 단원 및 개념에 대한 이해 수준 등을 평가 및 설문 결과를 통하여 DB화함으로써 학습 시 적절한 피드백이 주어질 수 있다. 학습자 지식 베이스는 새로운 정보로 갱신될 때마다 기존 자료는 누적되면 새 자료는 계속 업데이트 된다.

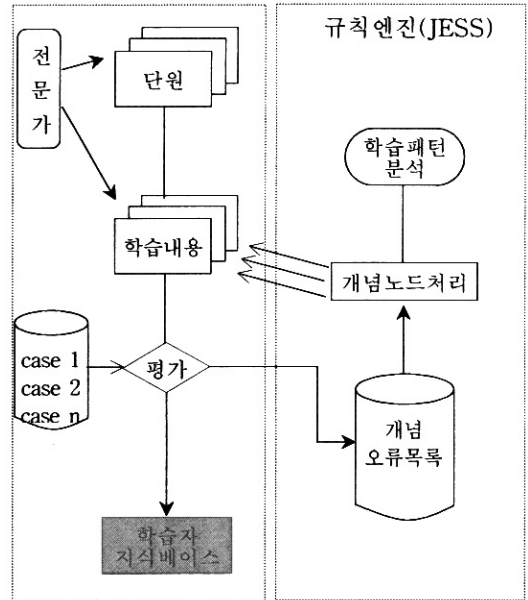
(그림 4)는 학습자의 지식 베이스를 구조화하여 나타낸 것이다.



(그림 4) 학습자 지식 베이스

3.1.2. 지식 베이스의 표현

양질의 지식 획득을 위해서는 여러 전체 조건이 필요하다. 즉, 유능한 지식 공학자를 찾아야 하고, 획득하고자 하는 지식의 성격을 규정해야 한다. 또한, 영역 전문가(교육·교과 전문가)를 선택해야 하고, 획득과 전이에 관한 내용을 포함하여야 한다[9]. 구조화된 지식을 표현하기 위하여 대단원부터 차시목표까지 세분화하여 사실과 규칙을 저장하고, 이곳에서는 오류 목록과 함께 교정 방법까지도 고려하여야 한다. 아래의 (그림 5)는 지식베이스의 표현을 구조화하여 나타낸 것이다.



(그림 5) 지식 베이스의 표현

3.1.3. 스테레오타입 학습자 모델(Stereotype student model)

스테레오타입 학습자 모델은 이전의 접속 유무를 확인함으로써 처음 접속자이면 일정 학습 단계까지는 설정해 둔 학습 패턴에 따라 학습이 진행되도록 하며 기존 접속자이면 그동안 누적된 평가 및 학습 진행 속도를 통하여 학습자 수준을 새롭게 초기화하여 능력별 그룹으로 분류한 후 차후 피드백 자료를 제공하는데 참고하도록 하는 모델이다[10]. 우선 첫 번째로 면접법이나 간단한 테스트를 통해서 출발점을 찾아내는 것이고, 다음으로 유사한 학습자들끼리 묶는 것이다. 이를 위해 주어진 속성 a의 서로 다른 두 값 x, y 사이의 차이를 알아보는 공식은 다음과 같다[16].

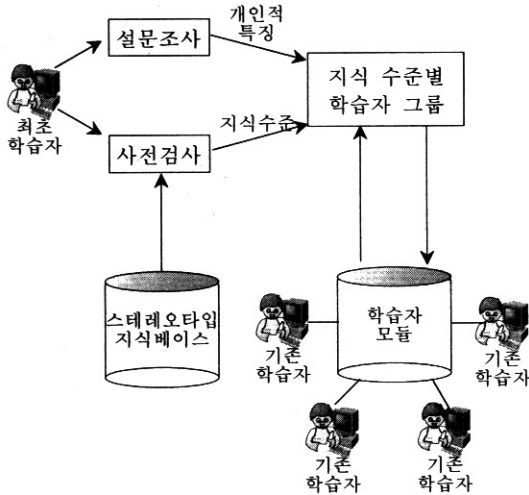
$$d_a(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \text{ or } y \text{ is unknown, else} \\ \text{overlap}(x, y), & \text{if } x, y \text{ are nominal values} \\ \sqrt{(x-y)^2}, & \text{if } x, y \text{ are real values} \end{cases}$$

$$\text{overlap}(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \neq y \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

두 학생 S_x, S_y의 전체적인 차이점은 다음과 같이 계산되어질 수 있다. 속성들의 개수인 n은 학생들 사이의 유사점을 찾는다.

$$\Delta(S_x, S_y) = \sum_{a=1}^n (X_a, Y_a)$$

(그림 6)은 스테레오타입 학습자 모델을 구조화하여 나타낸 것이다.



(그림 6) 스테레오타입 학습자 모델

3.1.4. 학습자 오류 유형 분류

학습자가 전자계산기구조 이론을 학습하면서 범할 수 있는 오류를 Buggy Model을 통하여 라이브러리 화하여 분류하면 <표 2>와 같다.

오류유형의 진단은 단순한 총점에 근거하지 않고 IRT을 통하여 각 문항의 난이도와 변별도를 동시에 활용한다. 오류가 발생한 영역에 대하여 보충학습을 제시하며 완전학습을 위한 계속적 피드백이 주어지도록 한다.

3.2. 규칙 엔진: JESS

개별 학습자에 대한 세밀한 정보를 얻고 분석하여 적절한 피드백을 제공해 줄 수 있는 완벽한 자료를 데이터베이스화하여 구축하기란 상당히 어렵다. 이를 도와줄 수 있는 것이 규칙 엔진이다. 규칙기반 프로그램은 수백 수천 개의 규칙들을 가지고 있을 수 있다. 대표적인 추론엔진이며 스크립트 언어인 JESS(Java Expert System Shell)는 웹상에서 지식베이스 형식의 자료를 끊임없이 규칙들에 적용시킬 수 있다. 종종 규칙들은 몇몇 영역에서 인간 전문가의 경험 지식을

<표 2> Bug 컴포넌트 라이브러리 분류의 예

오류코드	오류유형	오류 내용
E1-1	컴퓨터 자료	2진수의 표현법
E1-2		스위치 ON, OFF 개념
E1-3		아날로그·디지털 신호 개념
E1-4		진수를 이용한 4진법 표현법
E1-5		비트와 바이트의 개념
E2-1	수의 구성과 연산	2·8·16진수 표현법
E2-2		보수의 개념
E2-3		진법의 연산법
E2-4		진법간의 변환
E3-1	데이터의 표현	수치데이터의 이해
E3-2		ASCII·BCD·EBCDI 코드이해
E3-3		소리데이터의 의미와 종류
E3-4		그래픽 RGB값의 이해
E3-5		비트맵·벡터 방식의 차이
E4-1	불대수	불대수의 의미 이해
E4-2		불대수의 법칙(교환·결합·배분)
E4-3		불대수의 간략화
E4-4		드모르강의 법칙
E5-1	기본	각 기본 게이트의 원리와 의미
E5-2	논리회로	게이트의 표현법과 진리표 작성
E6-1	조합 논리회로	반가산기, 전가산기의 원리
E6-2		회로도, 진리표, 논리식 표현법
E6-3		다코더, 멀티플렉서 개념
E6-4		동기식, 비동기식 순차회로 이해

표현하곤 한다. JESS 언어는 다목적 프로그래밍 언어로 자바로 구현되었으므로 모든 자바 클래스들 그리고 라이브러리에 접근할 수 있다. 이러한 이유로 인해 JESS는 또한 빈번히 동적 스크립팅 또는 빠른 애플리케이션 개발 환경으로써 사용된다. 자바 코드가 일반적으로 실행되기 전에 컴파일 되어야 하는 반면, JESS 코드의 행은 타입 되자마자 즉시 실행된다. 이것은 자바 API로 대화식 시도를 허용하고 덩치 큰 프로그램들을 만들 수 있도록 한다. JESS는 ITS 학습

자 모듈을 구현하는데 가장 적합한 언어가 될 것이다. JESS 언어에 대한 자세한 소개는 본 연구의 성격과 거리가 멀므로 생략한다[17].

3.3. 지식 베이스의 설계

3.3.1. 구조화된 지식

학습자 모듈을 구성하기 위한 지식 베이스 즉, 전문가 지식을 다음과 같이 설계한다.

bank(코드, 대단원명, 소단원명, 주제, 내용, 행동영역, 난이도, 문제, 정답, 힌트, 도움말, 풀이)

- (1) 코드: 지식 베이스를 관리하기 위한 번호.
(C1-1) 오류코드는 E1-1과 같이 표현한다.
- (2) 대단원명: 문제에 대한 대단원명을 코드로 표시한다.
- (3) 소단원명: 문제에 대한 소단원명을 코드로 표시한다.
- (4) 주제: 문제에 대한 주제 또는 학습목표를 코드로 표시한다.
- (5) 내용: 문제에 대한 내용 설명을 코드로 표시한다.
- (6) 행동영역: 문제를 지식, 이해, 적용으로 구분하는 코드이다.
- (7) 난이도: 문제의 난이도를 1-5의 5단계로 구분
- (8) 문제: 실제로 제시할 문제의 내용
- (9) 정답: 정답을 표현
- (10) 힌트: 유사한 예시
- (11) 도움말: 문제를 해결하는데 필요한 도움말
- (12) 풀이: 문제에 대한 정답 및 풀이해설

3.3.2. 영역별 문항제작 원리[5]

(1) 지식 문항 작성원리

지식이란 어떤 관념이나 사물 또는 현상을 기억해 내는 것으로 기억은 배웠던 것을 확인해 내는 것과 같은 재인이나 혹은 아무런 단서를 주지 아니하고서도 학습한 대로 머리에서 끄집어내는 재생을 말한다. 예를 들면, “다음 중 플립플롭의 정의를 고르시오.”와 같이 용어에 관한 지식(정의)이나 동사(선택하다)로 표현할 수 있다.

(2) 이해 문항 작성원리

이해는 학생이 의사 전달을 받게 되면 전달되는

내용을 알게 되고, 또 거기에 포함된 자료나 정보를 이용할 수 있는 능력을 말한다. 예를 들면, “Byte는 8개의 bit가 모여 이루어지고, 숫자나 영문자는 1Byte, 한글 및 한자는 2Byte로 표현된다. 그러면 ‘初等學校’는 몇 Byte인가?”와 같이 동사(변환하다, 나타나다)로 표현할 수 있다.

(3) 적용 문항 작성원리

적용은 특수한 사태, 구체적 사태에 추상적 개념을 사용하는 능력을 말한다. 예를 들면, “기억 장치(주 기억 장치, 보조 기억 장치, 캐시 기억 장치)는 매체에 따라 속도에서 차이가 나타난다. 이러한 시간적 차이를 극복하기 위한 기억장치의 계층적 운용에 대한 해결책을 고르시오.”와 같이 방법과 절차를 사용하는 동사(선택하다)를 사용한다.

4. 결론 및 제언

본 논문은 학습자의 개인차를 찾아내어 학습 방법을 달리 제공하는 학습자 모델링을 설계하는데 그 목적이 있다. ITS는 교육 전문가의 지식이나 기술을 지식 획득 모듈을 통하여 가르치는 전문가 입장인 교수(tutor)적 역할과 문제 해결의 수단으로 활용되는 도구(tool)적 역할을 병행하는 복합적인 시스템이라 할 수 있다. 이는 대상자가 누구이든 적절한 진단으로 가장 이상적인 학습 즉, 완전학습을 수행함을 의미한다. 진정한 의미의 ITS가 되기 위해서 선행되어야 할 일은 학습자의 상태를 파악하는 것이며 이를 위해 학습자 모델링의 구체적인 설계가 필요하다. 선행 연구에서는 학습자의 개인적 특성을 충분히 고려하지 않은 채 설계되어 기존의 CAI와 비교해 볼 때 별다른 특색이 없었다. 설계 시 고려되어야 할 사항으로 전자계산기구조를 가르치는 교육 전문가들로부터 다양한 오류 유형과 그것을 극복하는 방법을 제공받아야 하며 실제로 임상학습을 통하여 학습자들이 어려움에 처하는 상황이 무엇인지 실질적인 도움을 어떤 방법으로 제공하여야 효과가 있는지 등을 파악하여야 한다. 구현의 어려움이 있다면 면대면 학습이 아니기 때문에 아마도 학습자의 심리적 상황까지는 고려할 수 없다는 점일 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 공주대학교 과학교육연구소(2002). 지식공간론 입문. 보성.
- [2] 김동식 · 한희진 · 서삼준 · 김희숙(2003). ActiveX 컨트롤을 이용한 단순화된 웹 기반 디지털 논리회로 시뮬레이터. 한국공학교육학회 논문지 제6권 제1호.
- [3] 김성희(2003). 수준별 동적 교수·학습 시스템 개발을 위한 학습자 모델에 관한 연구. 전남대학교 전산통계학과 박사학위 논문.
- [4] 김현영(2001). 웹 환경에서 Flash와 자바 스크립트를 이용한 논리회로 학습을 위한 코스웨어 설계 및 구현. 아주대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- [5] 문일수(2004). 형성평가지 개별피드백을 제공하는 시스템. 한국컴퓨터교육학회 논문지 제7권 제1호.
- [6] 박지현(2002). 웹을 기반으로 하는 조합논리회로 수업 프로그램의 설계 및 구현. 아주대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- [7] 변두원 외(2002). 지식공간론에 기초한 학습 경로 탐색 알고리즘 연구. Report of science education vol. 33 pp175-187.
- [8] 성태제(1991). 문항반응이론 입문. 양서원.
- [9] 조형철 외(2004). 지식공간론을 활용한 학습 과제분석 지원도구의 개발. 한국컴퓨터교육학회 논문지 제7권 제1호.
- [10] 이기호(1992). 지능형 교육 시스템개론. 교학사.
- [11] 이윤배(1997). 전문가 시스템. 홍릉과학출판사.
- [12] 최수정(2004). 조합논리회로 학습을 위한 웹 기반 코스웨어 설계. 강원대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- [13] Han B., Kinshuk & Patel A(2001). A student model for web-based intelligent educational system. In Montgomerie C. & Jarmo Viteli(Eds.) Proceedings of EdMedia 2001(June 25-30, 2001, Tampere, Finland), Norfolk, VA, USA.
- [14] Martha C. Plson, J. Jeffrey Richacdon & Elliot Soloway(1998). Foundations of Intelligent Tutoring System, Lawrence Erlbaum Associates, inc. Publishers.
- [15] Tatsuoka. K. K. & Tatsuoka. M. M(1997). A psychologically sound cognitive diagnostic

model: Effects of remediation as empirical validity. Journal of Educational Measurement, 34(3), pp. 227-294.

- [16] Victoria Tsiriga(2002). Initializing the Student Model using Stereotypes and Machine learning, university of piraesus. Greece
- [17] <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>

오 필 우



1994 공주교육대학교 수학교육과 (교육학학사)

1999 한국교원대학교 대학원 컴퓨터교육과(교육학석사)

2004~현재 한국교원대학교 대학원 컴퓨터교육과 박사과정

관심분야: 컴퓨터교육, ITS, 가상현실

E-Mail: oksigma@hanmail.net

김 도 운



1988 충남대학교 기계교육학과 (교육학사)

2000 한국교원대학교 대학원 컴퓨터교육과(교육학석사)

2002~현재 한국교원대학교 대학원 컴퓨터교육과 박사과정

관심분야: 컴퓨터교육, e-Learning

E-Mail: wisefool@freechal.com

김 명 별



1967 서울대학교 수학과 (학사)

1981 중앙대학교 전산학과 (석사)

1989 홍익대학교 전산학과(박사)

1970~1985 서울시 중·고교 교사

1985~1993 전북대학교 부교수

1993~현재 한국교원대학교 교수

관심분야: 프로그래밍언어, 컴퓨터교육, 원격교육

E-Mail: mlkim@comedu.knue.ac.kr