

# 사이버 러닝 환경에서 개별화 학습을 위한 학습자 인지구조 기반 ITS 교수·학습 모형과 시스템에 관한 연구

김용범<sup>†</sup> · 정복문<sup>††</sup> · 최지만<sup>†††</sup> · 백장현<sup>††††</sup> · 김태영<sup>†††††</sup> · 김영식<sup>††††††</sup>

## 요 약

지식정보 사회의 도래는 새로운 교육 패러다임에 적합한 교수-학습 과정을 지원하기 위해 다양한 형태의 e-러닝의 모형과 시스템을 요구하며, 이에 따라 인터넷과 지능형 교육 시스템(ITS; intelligent tutoring system)을 적용한 e-러닝 환경의 교수-학습 시스템에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 그러나 현재 운영되고 있는 교육 현장의 인프라와 u-러닝의 개념 사이에는 상당한 격차가 존재한다. 이에 따라 본 연구에서는 현재 구축된 교육 현장의 인프라에서 u-러닝의 개념을 적용할 수 있는 학습자의 인지구조에 기반한 ITS 교수-학습 모형과 시스템을 개발하고, 타당성을 검증하였다. 또한 본 연구에서 제안하는 지식표현기법을 통해 개별화 학습이 효과적으로 적용될 수 있도록 학습자 인지구조를 표현하였다.

키워드 : 사이버 러닝, e-러닝, u-러닝, 개별화 학습, 인지 구조, ITS, 교수-학습 모형

## Study on ITS Teaching-learning Model and System Based on Learner's Cognition Structure for Individualized Learning in Cyber Learning Environment

YongBeom Kim<sup>†</sup> · JangHyeon Back<sup>††</sup> · JiMan Choi<sup>†††</sup> · BokMoon Jung<sup>††††</sup> · TaeYoung Kim<sup>†††††</sup> · YungSik Kim<sup>††††††</sup>

## ABSTRACT

The advent of e-Learning paradigm requires a various type of e-Learning models and systems which are appropriate to support effective teaching-learning process. Accordingly, the teaching-learning system using the Internet and the intelligent tutoring system(ITS) in e-Learning environment has attracted a fair amount of critical attention. However there is a wide gap between infrastructure of a present educational site and the u-learning environment. Therefore, in this paper, an ITS teaching-learning model is proposed and system is developed for a school environment, which is based on a learner's cognitive structure and applies a concept of u-Learning, and then is verified for validity. X-Neuronet, the developed system, offers a method of representing a learner's cognitive structure so as to apply the method for the efficient individualized learning.

Keyword : Cyber Learning, e-Learning, u-Learning, Individualized Learning, Cognitive Structure, ITS, Teaching-Learning Model

### 1. 서 론

지식 정보 사회로의 체제 변화는 교육의 효율

성을 위한 새로운 교수·학습 모형 및 시스템에 대한 연구를 지속적으로 요구하고 있다[11]. 이와 같은 맥락에서, 국가 차원에서도 교수·학습 방

† 중신회원: 금산여자고등학교 교사  
 †† 정 회 원: 한국교원대 컴퓨터교육과 박사과정  
 ††† 정 회 원: 한국교원대 컴퓨터교육과 석사과정  
 논문접수: 2007년 8월 30일, 심사완료: 2007년 9월 25일  
 \* 이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-B00007)

†††† 중신회원: 울산농소고등학교 교사  
 ††††† 중신회원: 한국교원대 컴퓨터교육과 교수  
 †††††† 중신회원: 한국교원대 컴퓨터교육과 교수(교신저자)

법의 혁신을 위해 e-러닝 체제의 적극적인 도입과 u-Korea 전략을 제시하고 있다[11]. 이러한 정책적 의지는 현재의 e-러닝을 기반으로 유비쿼터스(ubiquitous)의 기술 및 개념을 도입하는 u-러닝 교수 체제로의 통합적인 발전을 의미하지만[25], 실제적으로 교육 현장에 구축된 인프라와 u-러닝을 위한 기술 및 개념의 수준 사이에는 상당한 격차가 존재한다[11][12].

이에 본 연구에서는 현재 구축된 학교 현장의 e-러닝 인프라 수준에서 u-러닝의 기술과 개념이 통합될 수 있는 학습 환경을 사이버 러닝 환경이라고 정의하고, 이를 연구의 출발점으로 삼았다. 본 연구에서의 사이버 러닝 환경은 현재 교육 현장에 구축된 인프라 수준에서 u-러닝의 주요 개념인 이동(mobility), 내재(pervasiveness) 그리고 지능(intelligence)을 포함하므로[20], 시스템과 처리할 자료의 간소화, 학습의 개별화 그리고 지능형 학습 등을 요구한다.

ITS(Intelligent Tutoring System)는 학습자의 변인을 고려한 개별화된 학습 환경을 제공하여 교사를 대신할 효율적인 대안으로 인식되고 있으나, 교육 현장에서의 실제적인 적용은 매우 드물다. 이에 대한 근본적인 원인은 개발의 비효율성, 영역 전문가와 지식 공학자 사이의 지식 전달 과정에서의 오류 등에서 찾을 수 있다[13].

이에 영역 전문가에 의한 직접적인 지식 표현이 가능하도록 하는 방법론에 대한 연구와 표현된 지식의 재사용에 대한 연구를 통해 현재의 ITS가 가지는 문제점을 해소할 수 있다.

한편, 학습의 개별화는 학습자의 능력, 적성, 흥미에 대한 개인차 등 학습자의 특성에 따라 교수 전략을 달리함으로써 학습자에게 적응적 교수를 제공하는 것을 의미한다[9]. 학습자의 특성은 학습자의 변인으로 선수 지식, 동기와 흥미, 학습에 대한 태도, 학습전략과 학습과제에 관한 인지(cognition) 등을 포함하는데, 이는 근본적으로 학습자의 인지구조 및 갈등의 차이에 기인한다[17]. 또한 학습자 인지구조의 차이는 단위 지식에 대한 인지정도, 전체적인 지식의 구조 및 위계 등에 의존한다[6][8]. 이러한 의미에서 개별 학습자의 지식을 표현하기 위해서는 대상 영역에서의 단위 지식에 대한 인지정도, 지식 간의 연결 상

태와 위계에 대한 연구가 선행되어야 하며[9], 이는 결국 학습자의 인지구조를 표현할 지식의 표현 기법에 대한 연구로 귀결된다.

이에 본 연구에서는 학습의 개별화를 보장하기 위해 학습자의 인지구조를 나타낼 지식표현 기법을 제안하였다. 이 제안된 지식표현 기법을 구체화한 학습자 인지구조 객체를 이용하여 사이버 러닝 환경에서 상호작용적인 개별화 학습이 가능하며, 이동 및 내재를 고려한 학습자 인지구조 기반의 교수·학습 모형 및 ITS 시스템을 개발하고, 그 효과성을 검증하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 인지심리학의 주류인 연결주의[8]와 실제적인 교수·학습 활동에서의 지식인 '교과내용의 방법적 지식'의 성격을 고려하여 신경망적인 동작 원리와 의미망적인 위상(topology)을 결합하여 교육적 지식을 표현하였다. 또한 제안된 지식표현기법에 의해 생성된 학습자 인지구조 객체 기반의 교수·학습 모형과 ITS 시스템이 개발하였으며, 이를 사이버 러닝 환경에서 이용하기 위해 서버와 클라이언트의 이동이 가능하도록 이동성 네트워크 구조를 설계하였다.

## 2. 선행 연구

### 2.1 교육에서의 지식의 의미

교육에서의 지식은 '교육내용'을 의미하지만 실제의 교수·학습 상황에서는 학생의 능력과 배경에 적합하고, 교수법적으로 적절한 형태로 변환되어 적용된다. 즉, 교육내용은 학생들이 이해할 수 있는 형태로 적절하게 변환된 후에야 그 의미를 가질 수 있다[18]. 이러한 의미에서 실제 수업에서의 지식은 학습자 요인, 교수법적 효율성, 환경요인 등 여러 가지 조건에 의하여 적절한 형태로 변환된 '교과내용의 방법적 지식(pedagogical content knowledge)'의 형태로 존재한다고 할 수 있다[10][23].

따라서 교과내용의 방법적 지식의 효과적인 표현을 위해서는 개별 학습자의 인지적인 특징을 표현할 수 있는 지식의 표현기법에 대한 연구가

필요하며, 이 때 학습자의 인지를 조정이 가능한 수치로 표현하는 방안이 효과적인 대안이 될 수 있다. 이에 인지심리학의 주류인 연결주의는 이러한 교과내용의 방법적 지식의 표현을 위한 기회를 제공할 수 있다.

## 2.2 연결주의와 신경논리망

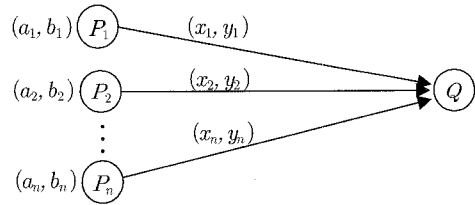
인지심리학에서의 연결주의는 McCulloch(1943)의 신경 모형이 1980년대에 이르러 정교화된 형태로 변형되었다[22]. 연결주의는 신경 세포들 사이의 연결(링크)을 논리에 의해 모형화하고, 신경 세포의 활성 정도를 논리나 명제의 대수적인 계산에 의해 결정한다. 이에 따라 인간의 두뇌는 논리에 의해 동작하는 하나의 시스템으로 취급되고, 논리적인 명제는 신경망(neural network)을 구성하는 노드(node)와 노드들 간의 상호작용(노드 간의 연결 정도)으로 표현된다.

이러한 연결주의의 신경망 모형은 노드 간의 연결 구조, 노드의 활성화 정도, 노드의 가중치 및 연결 비중, 확실적인 계산에 의한 자기 조절 등의 특징을 가지며, 이들을 포함한 개념 및 활동의 총체를 인지(cognition)로 취급한다[21].

그러나 신경망 모형은 논리 및 추론 과정의 설명에 있어서는 약점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위한 방안이 신경논리망(neuronet)이다[7].

신경논리망은 노드와 링크(노드 간 연결)를 이용한 유한 방향성 그래프로 표현될 수 있으며, 각 노드와 링크에는 가중치를 나타내는 순서쌍이 할당된다. 이에 기존의 신경망을 이용하여 삼진 부울 논리(three-valued boolean logic)를 모델링할 수 있으며, 확률 논리나 퍼지 논리를 수행하도록 확장될 수 있다.

예를 들어 <그림 1>에서 볼 수 있는 것처럼  $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 은 노드  $Q$ 와 연결된 노드들의 집합,  $P_i$ 의 노드값은  $(a_i, b_i)$ ,  $Q$ 와  $P_i$ 를 연결하는 링크의 가중치를  $(x_i, y_i)$ 라고 할 때,



<그림 1> 신경논리망의 노드값 전파 구조

특정 명제의 활성값(노드의 출력값)  $Act(Q)$ 를 결정하기 위한 산출 규칙은 다음과 같다.

$$Act(Q) = \begin{cases} True, & \text{if } \Sigma(\alpha - \beta) \geq 1 \\ False, & \text{if } \Sigma(\alpha - \beta) \leq -1 \\ Unknown, & \text{otherwise} \end{cases}$$

단,  $\alpha = \Sigma a_i x_i, \beta = \Sigma b_i y_i$

이러한 산출 규칙에 의해 신경논리망은 확률적인 논리 연산을 용이하게 한다. 따라서 신경논리망의 노드와 링크(노드 간 연결) 그리고 방향성을 이용하면 학습요소와 그들 사이의 관계를 표현할 수 있고, 산출 규칙에 의해 결정되는 활성값을 세분하여 개별성을 부여할 수 있다. 이는 학습자의 인지구조를 표현할 수 있는 기본 구조를 제공한다[6][8]. 또한 활성화의 개념을 확대하여 학습자 인지구조를 캡슐화할 수도 있다.

## 3. 학습자 인지구조

### 3.1 학습자 인지구조의 표현

학습자 인지구조의 표현을 위해 본 연구에서는 'X-Neuronet(eXtended Neuronet)[2]'을 사용하며, X-Neuronet은 2장에서 살펴본 노드간의 연결 구조와 수학적 계산에 의한 연결 상태로 지식을 표현한다[8]. X-Neuronet은 신경논리망의 논리적인 추론, 가중치의 변화 그리고 노드의 연결 구조를 근거로 하여[15], 노드들과 링크(노드 간의 연결)를 가지는 방향성 결합구조로 표현되며, 다중 결합을 허용한다.

이러한 X-Neuronet에서 취급하는 수치는 노드 자체의 신뢰도를 의미하는 노드값과 두 노드 사이의 연결(링크) 가중치이다. 이들 값은 학습 전

에 미리 영역 전문가에 의해 결정되지만, 학습자가 학습을 진행함에 따라 노드의 삽입, 삭제 등의 과정을 통해서 지속적으로 변화한다[17]. 노드간의 새로운 결합에 의해서 X-Neuronet 내의 결합구조가 확장되고, 임의의 노드에서는 다중 결합이 발생할 수 있으며, 이러한 과정에서 특정 노드를 중심으로 지식 결합체가 형성될 수 있다.

X-Neuronet에서는 노드값과 연결 가중치를 이산화변수로 취급한다. 노드값을 산출하기 위한 산출 규칙은 다음과 같다.

$x_i$ 는 목표값을 구성하는 노드값 또는 연결가중치이고, 모든  $x_i$ 가 동일한 비중으로 목표값에 영향을 미친다고 가정하자.

그러면 목표값은 1차 적률( $\mu$ )에 비례하고, 2차 중심적률( $\sigma$ )에는 반비례하며, 3차 중심적률( $\gamma$ )의 부호에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다[5]. 따라서 목표값을 결정하기 위한 가중비를  $w_{tend}$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$w_{tend} = k \frac{1}{\mu} \exp(\gamma) \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 f(x_i)}$$

X-Neuronet을 근거로 지식 결합체를 생성하고 이를 임의의 학습자에게 할당하여 학습 결과를 지식 결합체의 노드값이나 연결가중치에 반영하여 보정하는 경우, 할당된 지식결합체의 수치들은 학습자의 지식 상태에 따라 서로 다르게 표현된다.

X-Neuronet에서는 지식 결합체의 보정을 위해 학습자와의 대화의 결과나 참조 객체와의 비교의 결과를 사용하며, 역전과 학습 알고리즘과 변형된 관성 모멘트를 적용하였다[26]. 즉, 객체의 학습과정에서 목표값과 학습자의 지식 결합체의 출력값(상태) 사이에 오차가 발생할 수 있으며, 이때 발생하는 오차가 한계 범위 내의 값이 될 때까지 지식 결합체의 노드값과 연결 가중치가 보정되어진다.

X-Neuronet을 사용하여 형성된 지식 결합체는 연결주의 관점에서의 인지구조의 성격을 포함하고 있으며, 이를 교과에서 주제별, 단원별로 캡슐화하는 경우, 해당 교과 영역에 대한 학습자 인

지구조의 표현을 위한 기본적인 원형(prototype)을 제공할 수 있다.

### 3.2 학습자 인지구조 객체

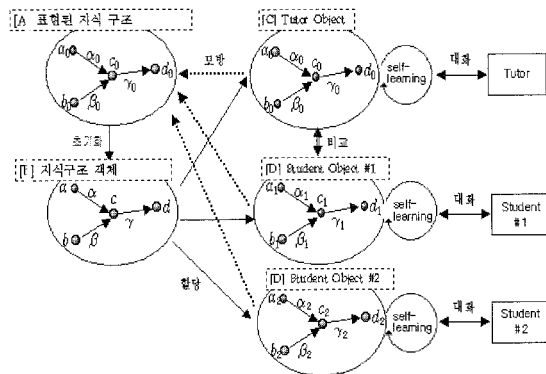
개별 학습자의 인지구조를 표현하는 ‘학습자 인지구조 객체’는 X-Neuronet을 이용하여 특정 주제 영역을 대상으로 영역전문가에 의해 캡슐화되고, 개별 학습자에게 할당된 지식 결합체를 의미한다. 학습자 인지구조 객체의 초기 지식(상태)은 영역 전문가에 의해 표현되며, 표현 형식은 학습요소의 위계와 문제 해결을 위한 절차적 흐름을 방향성 연결로 기술하는 절차적 네트워크의 형태이다. 표현된 지식은 X-Neuronet에 근거하여 단위노드(학습요소), 노드값(학습요소의 중요도) 그리고 노드간의 연결가중치(학습요소간의 결합 정도) 등의 특징적 요소의 형태를 이용하여 표현될 수 있다. 이에 표현된 지식에서 단위노드 그리고 서로 연결된 단위노드의 쌍(pair)을 추출하여, 할당을 위한 소유자의 ID (identification)를 속성으로 가지는 인지구조 클래스를 구성하고, 클래스의 속성값을 무의미값으로 초기화하여 초기의 인지구조 객체를 생성한다. 생성된 인지구조 객체는 학습자에게 할당되어 학습자 인지구조 객체를 형성하며, 학습자의 학습 및 객체의 학습 규칙에 의해 노드값과 연결가중치가 보정되어 각각 개별적인 학습자 인지구조 객체로 성장한다.

학습자 인지구조 객체를 이용한 학습자의 학습은 다음과 같은 과정에 의해 이루어진다. 학습자가 학습을 함에 따라 학습 상태를 반영하기 위해서, 학습자에게 할당된 학습자 인지구조 객체의 수치(노드값과 연결가중치)가 계산된다. 동시에 이 학습자 인지구조 객체는 영역 전문가에 의하여 형성되고 교수자 인지구조 객체(학습 목표)를 모방하기 위하여 교수자 인지구조 객체의 수치(노드값과 연결 가중치)를 참고로 하여 대화의 내용을 결정할 근거를 제공한다. 이것은 일반적인 교수·학습 과정에서 학습자가 자율적으로 학습하면서 동시에 교수자와의 상호작용을 통하여 올바른 학습으로 유도되는 것과 같은 과정을 나타낸다.

객체의 개념에 의해 변경된 학습자 인지구조

객체에서 노드와 연결구조는 학습자 간에 서로 동일하나, 각 노드가 가지는 노드값과 연결 가중치는 학습자와 학습횟수에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 즉, 각각의 학습자 인지구조 객체는 개별 학습자의 학습 과정에 따라 노드값과 연결가중치에 차이가 존재하여, 학습자 학습자 인지구조 객체의 개별성, 즉 학습의 개별성을 보장한다.

<그림 2>는 학습자 인지구조 객체, 교수자 인지구조 객체 등 여러 가지 인지구조 객체를 사용하여 진행되는 학습 과정을 도식화한 것이다.



<그림 2> 인지구조 객체를 이용한 학습 과정

여기에서 개별 학습자에 의해 일정 수준 이상 학습된 학습자 인지구조 객체는 학습 목표를 달성한 학습자의 지식 상태를 나타내게 된다.

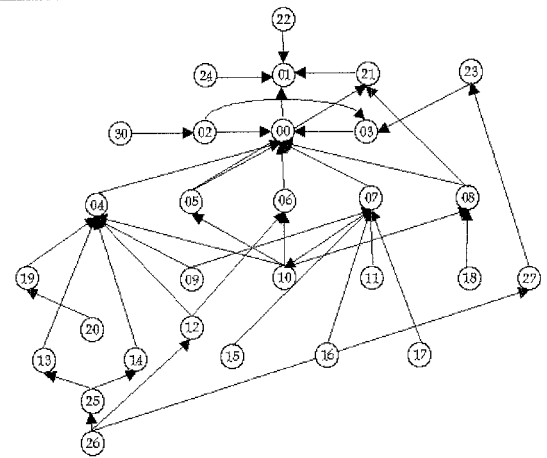
#### 4. 학습자 인지구조 기반 ITS 시스템

##### 4.1 대상 지식의 표현

본 연구에서의 학습자 인지구조 객체는 중학교 2학년 수학 교과와 '도형의 성질' 단원의 '사각형의 성질' 소단원에서 추출된 학습요소(<표 1>)에 대하여 <그림 3>과 같이 절차적 네트워크 형태로 구성되었다. 여기에서 절차적 네트워크는 학습 요소의 위계, 문제 해결을 위한 순서, 학습자의 오류 개념 등을 포함한다.

<표 1> 추출된 학습요소

[00] 평행사변형이다.	[01] 사다리꼴이다.
[02] 정사각형이다.	[03] 직사각형이다.
[04] 두 쌍의 대변이 평행하다.	[05] 두 쌍의 대변의 길이가 같다.
[06] 두 쌍의 대각의 크기가 같다.	[07] 두 대각선이 서로 다른 대각선을 이등분한다.
[08] 한 쌍의 대변이 평행, 다른 두 대변의 길이가 같다.	[09] 두 변이 만나지 않는다.
[10] 마주 본다.	[11] 이등분한다.
[12] 이웃하는 각과의 합이 180°이다.	[13] 각각의 동위각이 같다.
[14] 각각의 엇각이 같다.	[15] 대칭인 두 삼각형이 합동이다.
[16] 두 점이 이웃하지 않는다.	[17] 맞꼭지각의 크기가 서로 같다.
[18] 동일한 비교 대상이다.	[19] 사각형이다.
[20] 변의 개수가 4개이다.	[21] 한 쌍의 대변이 평행하다.
[22] 한 쌍의 대변이 평행하고, 다른 두변의 길이가 다르다.	[23] 마음모이다.
[24] 등변사다리꼴이다.	[25] 교차하는 세 직선이 있다.
[26] 두 직선이 교차한다.	[27] 대각선이 직교한다.



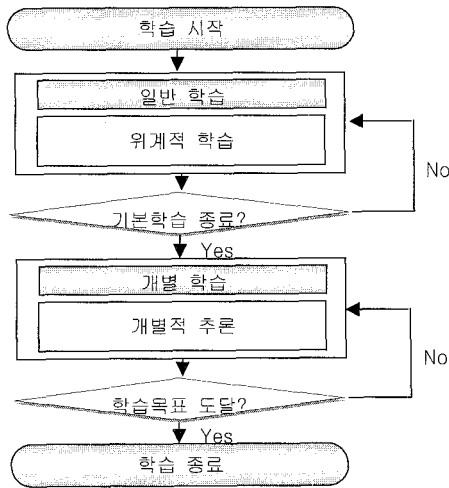
<그림 3> 추출된 학습요소로 구성된 절차적 네트워크

##### 4.2 학습자 인지구조 기반 교수·학습 모형

본 연구에서 설계된 ITS 시스템에 적용할 교수·학습 모형은 <그림 4>와 같이 나타낼 수 있다.

제시된 교수·학습 모형에 따라 학습 전에 교사에 의해 학습 목표가 설정되고, 이 목표의 달성 여부에 따라 학습의 종료 여부를 결정한다. 학습의 초기 단계에서는 위계적인 학습이 진행되고, 이 단계에서의 학습 행위는 학습 내용 제시와 발문이며, 발문에 대한 학습자의 반응을 판단하고 다음 학습을 진행한다. 이러한 위계적인 학습이 종료되면, 시스템은 교수자 인지구조 객체와 학습자 인지구조 객체 사이의 차이를 고려하여 차후 학습의 진행 여부를 판단한다. 이후의

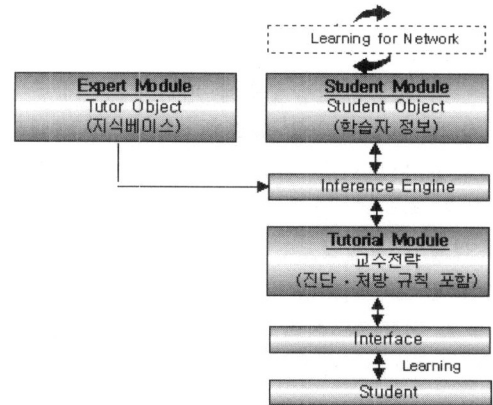
학습은 개별 학습자의 인지구조 객체에 기반하여 개별적인 학습이 진행된다. 이 때, 개별적인 추론 및 교수 전략이 사용된다. 또한 학습 목표(학습의 임계치)와 학습자의 학습 성취도(교수자 인지구조 객체와의 근사도)를 제공함으로써, 학습 동기를 지속적으로 부여하도록 하였다.



<그림 4> 본 시스템의 교수·학습 모형

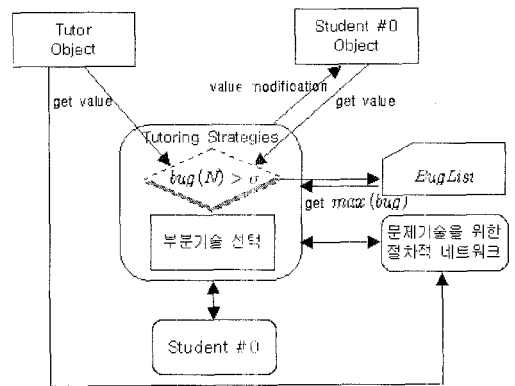
### 4.3 학습자 인지구조 기반 ITS 시스템

본 연구에서 제안된 학습자 인지구조 기반 교수·학습 모형에 따라 구현된 ITS의 구조는 <그림 5>와 같다. 학습자는 자신의 학습자 인지구조 객체를 학습자 모듈로, 교수자 인지구조 객체를 지식베이스로 사용하여 학습을 진행한다. 이에 본 연구에 의해 개발된 시스템은 기존의 ITS의 개발에 있어서 과중한 부하를 요구하는 지식베이스와 학습자 모듈을 간소화할 수 있다. 또한 인터페이스 모듈을 통해 네트워크를 이용하여 데이터가 송수신되고 이는 추론 엔진에서 정량화되고 학습을 위한 근거를 개별적으로 산출한다.



<그림 5> 학습자 인지구조 기반 ITS의 구조

개별화된 학습을 진행하는 과정에 투입되는 교수전략은 <그림 6>과 같이 도식화될 수 있다. 본 시스템은 학습자 인지구조 객체와 교수자 인지구조 객체를 지속적으로 비교하여 차이  $bug(N)$ 을 생성하고, 그 차이를 근거로 학습 경로를 선택한다. 또한 학습자와 교수자 인지구조 객체와의 대화 과정에서 잘못된 개념과 오류를 인식하여 적절한 피드백을 제공하고, 학습자 인지구조 객체를 수정한다. 이 교수·학습 과정은 학습자 인지구조 객체와 교수자 인지구조 객체(또는 지식베이스) 사이에 불일치가 해결될 때까지 반복된다.



<그림 6> 본 시스템의 교수전략

### 4.4 이동성 네트워크와의 결합

사이버 러닝의 목표를 학습 시스템 및 학습자의 자유로운 이동 그리고 학습의 지능화 등으로

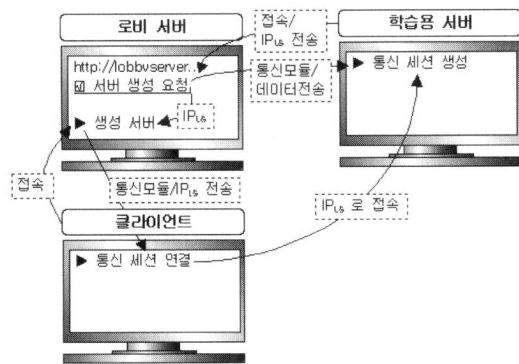
구정할 때, 이러한 특성을 가지는 구조는 다음과 같은 요구 조건을 만족해야 한다[4][13].

첫째, 클라이언트의 자유로운 이동을 위하여 클라이언트는 간소화되어야 한다. 따라서 클라이언트는 데이터의 송수신에 필요한 기본적인 네트워크 기능만을 가지며, 그 외의 기능들은 서버에 포함되어야 한다.

둘째, 교수·학습 공간의 자유로운 생성과 삭제 위해 서버의 이동이 보장되어야 한다.

셋째, 서버의 과중한 부담을 피하기 위해 서버를 분산시켜야 한다. 일반적으로 다수의 교수자가 학교의 서버를 공유하는 경우, 트래픽이 발생하여 원활한 서버의 운영을 저해할 수 있다. 따라서 현재 구축된 학교의 서버를 효율적으로 운영하기 위해서는 제한된 환경 속에서 복수 개의 서버를 운영할 수 있는 방안과 그 기능을 분산시킬 수 있는 방안이 모색되어야 한다.

본 연구에서는 이상의 요구 조건을 보장하는 ‘이동성 네트워크 구조’를 제안하고 구현하였다 (<그림 7>).



<그림 7> 이동성 네트워크 구조

서버는 학습을 위한 접속을 지원하는 로비 서버(lobby server)와 실질적인 학습을 지원하는 학습용 서버(learning server)로 구분하였다. 여기에서 로비 서버는 학습용 서버에 접속하기 위한 대기 영역이며, 초기화 영역이다. 로비서버는 기존의 학교 서버를 활용하여 구축되어 고성능의 서버 및 고정 IP 확보라는 부담을 제거한다. 또한 이 로비서버에는 최소한의 기능만을 부여한다. 학습용 서버는 로비 서버를 통하여 학습자가 실

질적인 학습에 이용하는 서버를 의미한다. 따라서 네트워크가 연결된 모든 컴퓨터가 학습용 서버로 사용이 가능하며, 이는 이동성을 위한 사이버 러닝의 개념에도 부합된다.

시스템의 전체 운영자는 로비 서버에 학습을 위한 실행 모듈, 네트워크 모듈, 그리고 학습자 인지구조 객체의 데이터베이스를 탑재한다. 그 후에 교수자는 학습용 서버를 생성하기 위해, 그리고 학습자는 학습용 서버에 접속하기 위해 로비 서버에 접속한다.

교수자가 로비 서버에 접속하여 학습용 서버의 개설을 신청하면, 교수자 컴퓨터의 IP를 매개로 하여 학습용 서버가 생성되고, 로비 서버로부터 사이버 러닝에 필요한 각종 모듈 및 데이터를 전송받아 자신의 컴퓨터에 탑재한다. 생성 가능한 학습용 서버의 수는 제한이 없다. 생성된 학습용 서버는 학습자의 접속을 위해 대기 상태를 유지한다.

학습자는 로비 서버에 접속하고 학습용 서버에서 학습을 위해 위한 통신 모듈을 전송받아 탑재한다. 학습자는 탑재된 통신 모듈을 이용하여 이미 생성되어 있는 학습용 서버 중에서 필요한 서버를 선택하여 접속한다. 학습자는 네트워크를 통해 학습용 서버에 접속하여 학습을 진행하며, 학습 과정에서 발생하는 반응을 근거로 하여 시스템과의 대화를 유지한다. 로비 서버에서는 교수자의 이름 입력에 의해 학습용 서버가 구동되고, 학습자는 생성된 학습용 서버의 주소와 소유자를 확인하여 접속한다.

## 5. 적용 및 검증

본 연구에서 학습자 인지구조의 표현의 타당성과 시스템의 효과성을 검증하기 위해 다음에 대한 검증이 필요하다.

첫째, 학습자 인지구조 객체는 학습자의 학습이 진행됨에 따라 교수자의 인지구조의 상태로 수렴한다. 즉, 학습자가 학습을 진행하면서 교수자의 지식 상태(수준)를 닮아간다.

둘째, 학습자 인지구조 객체를 이용한 학습 요소는 학습 과정 중에 해당 학습자 별로 개별화된

다. 즉, 학습자별로 개별화되고 최적화된 학습 과정을 진행한다.

셋째, 본 시스템을 이용한 학습이 일반적인 웹 기반 학습에 비해 효과적이다.

본 연구를 위해 충청남도에 위치한 Y중학교 2학년 2개 반 학생 60명을 각각 30명씩 실험 집단과 통제 집단으로 선정하였으며, 이 두 집단은 사전 검사에 의해 집단 간에 동질성을 확인하였다. 실험은 선정된 2개의 집단에게 각각 서로 다른 학습 방법, 즉 실험집단은 본 연구에 의해 개발된 시스템을 적용한 수업을, 통제집단은 동일한 학습내용을 대상으로 개발된 웹 자료에 기반한 수업을 동일한 시간 동안 적용하였다. 이 때, 동일한 학습 환경을 제공하기 위해 학교의 컴퓨터실에서 동시에 접속하도록 하였다. 이러한 실험에 의한 학습 과정 또는 종료 후에 획득한 실험 집단의 학습자 인지구조 객체는 객체의 수렴성과 개별성을 검증하기 위한 분석 대상으로 사용하였으며, 각 집단의 학습 종료 후에 실시한 사후 평가의 결과를 효과성 분석을 위한 자료로 사용하였다.

본 연구에서는 다음과 같은 과정에 통해 검증하였다.

(단계 1) 사전검사에 의해 동질 집단으로 확인된 두 집단을 각각 실험집단(G<sub>1</sub>)과 통제집단(G<sub>2</sub>)으로 선정하였으며, 실험집단과 통제집단은 각각 30명이었다.

(단계 2) 통제집단은 K대학교 수학교육과에서 개발한 웹 코스웨어를 이용한 웹기반 학습을, 실험집단은 본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여 학습을 실시하였다. 이 때, 실험 환경의 동질성 확보를 위해 모든 실험집단과 통제집단에 속해있는 모든 학습자들이 동시에 접속하여 학습하도록 하였다.

(단계 3) 실험집단의 학습 도중 및 종료 후에 확보된 학습자 인지구조 객체를 분석하고 수렴성과 개별성을 검증하였다. 이 때, 수렴성을 위해서는 원점수에 대한 상관계수를, 개별성을 위해서는 Spearman의 등위상관계수의 의의도를 측정하였다.

(단계 4) 두 집단의 학습 이후에 사후 평가를 실시하여 본 시스템의 효과성을 측정하였다.

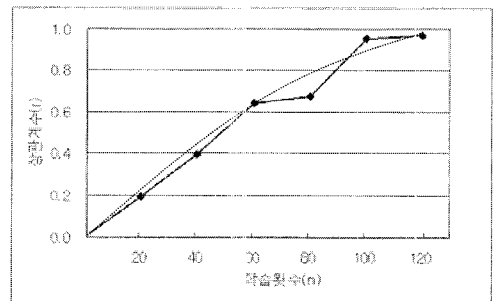
실험집단 G<sub>1</sub>과 통제집단 G<sub>2</sub>의 동질성 확인을 위한 사전 검사 결과는 <표 2>와 같다. 평균이 각각 41.720, 41.379인 두 집단의 t검증 결과, 신뢰수준 95% 수준에서 동질집단(p=.957)으로 판명되었다.

<표 2> 사전검사

	M	SD	df	t	p
G <sub>1</sub>	41.720	25.223	58	0.054	.957
G <sub>2</sub>	41.379	18.268			

본 연구에서의 검증 결과는 다음과 같다.

첫째, 교수자 인지구조 객체의 노드값과 학습자 인지구조 객체들의 노드값 평균 사이의 상관관계를 비교한 결과, 학습자 객체들의 노드값의 평균은 학습이 진행됨에 따라 교수자의 객체와 강한 상관관계를 보여 학습자가 학습을 진행함에 따라 학습자 인지구조 객체는 교수자 인지구조 객체를 모방하여 교수자의 인지구조의 상태로 수렴한다고 결론지을 수 있다(<그림 8>). 또한 학습회수(n)와 상관계수(r)의 관계를 지수함수로 curve fitting했을 때,  $r = 1 - e^{-0.015n}$  (n>20)에 근사되어 학습 횟수를 증가시킴에 따라 학습자의 지식이 교수자의 지식으로 수렴될 것이라고 결론 내릴 수 있다.



<그림 8> 학습자 인지구조 객체와 교수자 인지구조 객체와의 상관관계

<표 3>은 임의 횟수(n) 동안 학습된 개별 학습자의 인지구조 객체에서 추출된 노드값 순위와 학습자에 의해 선택된 선호 순위 사이의 등위상관계수(r<sub>s</sub>)와 의의도(t)를 나타낸 것이다. 여기에서 대부분(87%)의 학습자 인지구조 객체는 신뢰



수준 95% 수준에서 유의미하게 학습자의 선호도와 유사하므로, 학습된 학습자 지식구조 객체는 해당 학습자의 지식 상태와 유사하다. 따라서 학습자 인지구조 객체의 개별성이 유지된다고 결론을 내릴 수 있다.

<표 3> 선호도에 대한 등위상관계수

$r_s$	$t$	$r_s$	$t$	$r_s$	$t$
.535	2.104	.794	4.331	.827	4.877
.599	2.480	.585	2.393	.689	3.158
.736	2.480	.690	2.763	.797	4.372
.645	2.803	.464	1.738*	.495	1.887*
.764	3.924	.634	2.723	.604	2.516
.695	3.206	.582	2.376	.582	2.376
.824	4.826	.733	3.579	.604	2.516
.708	3.332	.656	2.887	.887	6.383
.582	2.376	.535	2.104	.640	2.763
.561	2.244	.475	1.791*	.500	1.915*

$p=.05$ ,  $*p=.10$

<표 4>는 사후검사의 결과이다. <표 4>에서와 같이, 두 집단의 평균은 각각 본 시스템을 사용하여 학습한 실험집단의 평균이 62.500, 웹기반 학습을 실시한 통제집단의 평균이 51.667으로 실험집단 수준 95% 수준에서 이질 집단( $p=.076$ )으로 판명되었다. 이에 따라, 본 시스템을 적용한 수업의 효과는 일반적인 웹기반 학습에 비해서 유의미하게 효과적이라고 결론지을 수 있다.

<표 4> 사후검사

	M	SD	df	t	p
G <sub>1</sub>	51.667	22.412	58	-1.837	.076
G <sub>2</sub>	62.500	19.242			

## 6. 결론 및 제언

본 연구에서는 e-러닝과 u-러닝을 통합한 사이버 러닝 환경에서 학습자의 인지구조를 표현할 수 있는 지식표현기법을 제안하였다. 또한 제안된 지식표현기법을 구체화한 학습자 인지구조 객체를 이용하여 사이버 러닝 환경에서 상호작용적 개별화 학습이 가능하고, 이동성을 고려한 학습

자 인지구조 기반 교수·학습 모형 제안하고 이를 구체화한 ITS 시스템을 개발하고 효과성을 검증하였다.

검증 결과, 학습자의 학습이 진행됨에 따라 교수자 인지구조의 상태로 수렴하였으며, 학습자의 학습 요소는 학습 과정 중에 학습자별로 개별화되었다. 그리고 본 시스템을 사용한 학습이 웹기반 학습에 비해 효과적이었다. 또한 현재의 학교 현장의 인프라에서 사이버 학습의 운영이 쉽고 편리하도록 서버와 클라이언트의 이동이 가능한 네트워크 구조를 제안하였다.

본 연구의 결과로 개별 학습자 지식의 표현을 이용한 학습의 개별화, 사이버 러닝 환경에서의 새로운 교수·학습 모형의 제안 그리고 지능형 시스템 개발의 수월성 제공 등의 측면에서 긍정적인 효과를 기대할 수 있었다.

그러나 본 연구에서 시스템의 인터페이스가 학습자에게 영향을 미칠 수 있는 요인 중의 하나이므로, 사용의 편리성, 일반화와 자연스러운 언어 전달을 위한 자연어 처리 및 비주얼한 학습 환경에 대한 추가적인 보완이 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 고일석(2000). "인트라넷을 활용한 멀티미디어 학내망 구축 솔루션의 개발". 한국시물레이션학회 논문지 제9권 제4호, pp. 59-66.
- [2] 김용범, 오필우, 김영식(2005). "교수내용지식을 위한 하이브리드 지식 표현 기법". 인지과학 16(4), pp. 369-386.
- [3] 김용범, 김영식(2006). "지능형 교육 시스템을 위한 적응적 지식베이스 객체 모형 개발". 한국정보처리학회 논문지 13-B(4), pp. 421-428.
- [4] 남상조(2006). "인터넷 원격교육에서 학습자 관점의 문제점에 관한 연구". 한국콘텐츠학회논문지 제6권 제3호, pp. 102-107.
- [5] 박한식, 이강섭 역(1984). 수리통계학, 교육연구사, pp. 90-95.
- [6] 신현정, 이재식, 도경수(1997). "훈련에 따른 문서편집기 명령어에 대한 지식구조의 변화". 인지과학, 9(4), pp. 49-61.
- [7] 이말래(2001). "신경논리망을 기반으로 한 퍼

- 지 추론망 구성”. 인지과학 13(1), pp. 13-21.
- [8] 이정모(1996). 연결주의: 이론적 특성과 문제점. 서울: 성원사, p. 117.
- [9] 임규혁(2003). 교육심리학. 학지사. pp. 67-72.
- [10] 안미리(2001). “교과교육 방법적 지식과 컴퓨터교사의 전문성”. 한국컴퓨터교육학회 논문지, 제4권 2호, pp. 135-143.
- [11] 한국교육학술정보원(2005a). 미래교육을 위한 u-러닝 교수 학습 모델 개발. 연구보고 KR 2005-12.
- [12] 한국교육학술정보원(2005b). 차세대 e-러닝 학습 모델 및 개발방법론 연구. 연구보고 KR 2005-34.
- [13] 한정선, 오정숙(2003). “가상 현실 학습 환경에서 지능형 학습 체제 구축에 대한 이론적 고찰”. 교육과학연구, 34(1), pp. 95-123.
- [14] Anderson, J. R., and Reiser, B.(1985). “The LISP tutor”. Byte, 10, pp.159-175.
- [15] Chia, H. W., C. L. Tan(2004). “Association based evolution of comprehensive neural logic networks”. GECCO 2004, pp. 26-30.
- [16] Gable, A., Page, C. V.(1980). “The use of artificial intelligence techniques in computer-assisted instruction: An overview”. International Journal of Man-Machine Studies, 12, pp. 259-282.
- [17] Limon, M.(2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. learning and Instruction, 11, pp. 357-380.
- [18] Livingston, Carol, and Borko, Hilda (1989). “Expert Novice Difference in Teaching: A Cognitive Analysis and Implications for Teacher Education”. Journal of Teacher Education. July-August. p. 37.
- [19] McKeachie, W.(1999). Teaching tips: strategies, research, and theory for college and university teachers. Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- [20] Ogata, H., Yano, Y.(2003). How Ubiquitous Computing can Support Language Learning, Proc. of KEST, pp. 1-6.
- [21] Quinlan, P.(1991). Connectionism and psychology: A psychological perspective on new connectionist research. Chicago: Chicago U. Press.
- [22] Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., and LNR Group(1986). Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition (Vol. 1). Cambridge, MA: MIT Press.
- [23] Shulman. L. S.(1986). “Those Who Understand : Knowledge Growth in Theaching”. Educational Researcher. 15(2). p. 8.
- [24] Tennyson, R.D., Christensen, D.L.(1989). “Educational research and theory perspectives on intelligent computer assisted instruction”. In 11th Annual Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1989 Annual Convention of the AECT. pp. 615-628.
- [25] Vicki Jones, Jun H.J.(2004). Ubiquitous learning environment: An adaptive teaching system using ubiquitous technology.
- [26] Wenger, E.(1987). Artificial intelligence and tutoring systems: Computational approaches to the communication of knowledge. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Pub.

## 김 용 범



1989 한국교원대학교  
수학교육과(교육학사)  
2001 한국교원대학교  
컴퓨터교육과(교육학석사)  
2007 한국교원대학교 컴퓨터교육과(교육학박사)  
2007~현재 금산여자고등학교 교사  
관심분야: 컴퓨터교육, ITS, 원격교육  
E-Mail: kybhj@hanmail.net



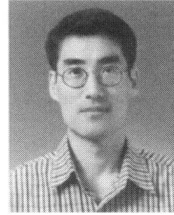
### 정복문

2004 단국대학교  
컴퓨터공학과(공학사)  
2006 한국교원대학교  
컴퓨터교육과(교육학석사)

2006~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과  
박사과정

관심분야: 컴퓨터교육, ITS, 원격교육

E-Mail: jbm0215@empal.com



### 김태영

1985 한양대학교 산업공학과  
1990 Texas A&M University  
컴퓨터과학과 (공학석사)  
1994 Texas A&M University  
컴퓨터과학과 (공학박사)

1994 ~ 1994. 8. 삼성 SDS(주) 정보기술  
연구소 선임연구원

1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수

관심분야: 데이터베이스, 지식처리, 컴퓨터교육

E-Mail: tykim@knue.ac.kr



### 최지만

2003 부산교육대학교  
컴퓨터교육과(교육학사)  
2003~현재 부산 하남초등학교  
교사

2006~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과  
석사과정

관심분야: 온톨로지, 웹서비스, 이러닝

E-Mail: lineeye@hanmail.net



### 김영식

1982 서울대학교 전기공학과  
(공학사)  
1987 노스캐롤라이나주립대학교  
전기 및 컴퓨터공학과  
(공학석사)

1993 노스캐롤라이나주립대학교  
전기 및 컴퓨터공학과(공학박사)

1993~1994 한국전자통신연구소 선임연구원

1995~1996 한국전자통신연구소 위촉연구원

1996~1998 한국전자통신연구원 초빙연구원

1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수

관심분야: 컴퓨터교육, e-Learning, ITS

E-Mail: kimys@knue.ac.kr



### 백장현

1988 충남대학교  
공업화학교육과(교육학사)  
1999 한국교원대학교  
컴퓨터교육과(교육학석사)

2004 한국교원대학교 컴퓨터교육과(교육학박사)

2004~현재 울산농소고등학교 교사

관심분야: 컴퓨터교육, WBI, 웹 마이닝

E-Mail: lousuk@chol.com