

# 웹 기반에서의 과학 가상 실험 모형

김창현\*, 백두권\*\*

## A Model of Web Based Science Cyber Experiment

ChangHeon Kim\*, DooKwon Baik\*\*

한국교육학술정보원 교육정보화실\*

고려대학교 컴퓨터과학과\*\*

요 약

본 논문에서는 웹 기반에서 과학 실험을 효과적으로 구현하기 위한 과학 가상 실험 모형을 제시하였다.

위의 목적을 달성하기 위하여, 시뮬레이션 이론과 웹 기반 수업 이론, 그리고 과학 학습 모형을 탐색하였으며, 이를 근거로 하여 과학 가상 실험 모형을 설계하고 프로그램을 구현하였다.

본 논문을 통하여 과학 가상 실험 모형은 크게 안내적 실험 모형(guided experiment model)과 자기주도적 실험 모형(self-directed experiment model)으로 구분하였다.

### 1. 서론

최근 각급 학교에서는 열린교육을 배경으로 자기 주도적 학습 및 수준별 학습을 도입하고, 이를 정착시키기 위해서 많은 노력을 하고 있다.

이와 관련하여 중요하게 다루고 있는 문제의 하나는 멀티미디어를 통하여 학습을 개별화하려는 노력이다. 학습의 개별화는 대부분의 교육자들이 추구해온 관심사 중의 하나이다.

특히 교육공학의 매체가 발전되어옴에 따라 학습의 개별화는 공학의 기자재들을 도입하여 개인차에 적용하는 시스템을 개발하는 방향에서 이루어져 왔다.

학습의 개별화를 위해 컴퓨터 및 웹은 효과적인 교수-학습 매체라고 볼 수 있다. 현재 웹에서의 학

습의 구현은 개별화의 수준에서뿐만 아니라 협동 학습 등 학습자의 수적 측면에서, 그리고 시뮬레이션 기법의 구현은 단순한 자료 제시의 수준이 아니라 다양한 학습 방법의 구현이라는 측면에서 학습의 개별화 및 다양화를 위한 중요한 수단이 되고 있다.

본 논문을 통하여 제시된 유형을 기반으로 구축된 과학 가상 실험 모형은 향후 형식적·비형식적 기관의 과학 학습 중 실험 과제를 효과적으로 학습할 수 있는 새로운 개념의 학습 공간을 제공할 것으로 기대한다.

특히 형식적 교육 기관에서 운영되는 교육과정과 병행하여 활용함으로써 학습 효과면에서는 물론 시간과 경제적인 측면에서도 상당한 효과를 보일 것으로 기대한다.

## 2. 연구의 내용과 방법

본 논문에서 제시된 웹 기반에서의 과학 가상 실험 모형을 반영한 시스템의 구축은 학습자의 학습에 많은 이점을 제공하리라고 본다. 본 연구의 내용과 방법은 다음과 같다.

첫째, 일반적인 시뮬레이션의 이론과 함께 웹 기반 시뮬레이션과 관련한 선행 연구 고찰과 문헌을 연구하고, 이어 웹 기반 수업과 관련한 이론을 고찰하였다.

둘째, 일반적인 과학 학습 모형과 관련한 이론을 고찰하였다.

셋째, 고찰된 일반적인 과학 학습 모형을 근거로 하여 과학 실험 학습의 모형을 탐색하였다.

넷째, 탐색된 과학 실험 학습의 유형을 근거로 하여 과학 가상 실험의 모형을 고안하였다.

### 2.1 시뮬레이션 이론

시뮬레이션은 정보를 제공하고 적절한 질의 응답 기법을 사용하여 학생의 학습을 돕는 상호 작용적 교수(interactive tutorials)와는 다르다.(Alessi, 1985) 시뮬레이션에서 학생들은 실세계와 유사한 상황에서 익혀야 할 활동을 실제로 수행하면서 학습을 하게 된다.

교수 모형에는 학생에게 정보를 제공하기, 학생이 정보나 기능을 획득하도록 안내하기, 파지와 유창성을 신장시키기 위한 훈련을 제공하기, 평가하기와 같은 네 가지 국면이 포함되어 있다. 교수는 처음의 두 가지 국면에서 이루어지며, 기능은 세 번째 국면에서 길러진다. 반대로 시뮬레이션은 네 가지 국면 중의 어느 것을 위해서건 이용될 수 있다.

시뮬레이션은 초기의 정보 제공을 위해 이용될 수도 있고, 학생을 안내하는 데 이용될 수도 있으며, 훈련을 제공하기 위해서 이용될 수도 있고, 학습에 대한 평가를 위해서도 이용될 수 있다. 또한 이러한 것을 결합한 형태의 목적을 위해서도 이용될 수 있다.

시뮬레이션을 내용을 가르치기 위한 것(teach

about something)과 방법을 가르치기 위한 것(teach how to do something)의 두 가지 부류로 나누어 보는 것이 일반적이다.(Alessi, 1985) 내용을 가르치기 위한 시뮬레이션은 다시 물리(Physical) 시뮬레이션과 과정(Process) 시뮬레이션으로 분류될 수 있으며, 방법을 가르치기 위한 시뮬레이션은 절차(Procedural) 시뮬레이션과 상황(Situational) 시뮬레이션으로 분류될 수 있다.

#### 2.1.1 웹 기반 시뮬레이션

웹 기반 시뮬레이션은 웹과 일반적인 시뮬레이션 영역을 결합한 개념으로 웹 개발 기술을 활용하여 모의 실험을 할 수 있는 환경과 이를 통하여 학습자의 학습을 지원하는 모델을 의미한다. 최근 웹의 교육적 활용을 둘러싸고 많은 연구와 시도가 이루어지고 있으며, 웹 기반 시뮬레이션 역시 이와 같은 맥락에서 등장한 전통적 시뮬레이션의 방법적 시도라고 볼 수 있다.(Fishwick, 1996)

최근 웹 기반 시뮬레이션을 활용한 실험 연구들을 살펴보면, 학습자의 학습 과정을 지원하고 실제로 학습에 효과가 있다는 결과들을 찾을 수 있다.

웹 기반 시뮬레이션은 실세계를 대신하는 가상 모의 실험이며, 이는 학습자의 학습 관리나 학습 과정의 지원을 위해서 하나의 시스템을 구성해야 한다. 웹 기반 시뮬레이션 시스템이 요구하는 일반적인 구성 요소는 다음과 같다.

첫째, 실세계를 대신하는 모델이 필요하다. 이러한 모델은 변인이나 실 데이터를 입력하는 기능, 파일 자료를 입력하는 기능, 입력한 데이터나 변인의 처리 결과를 파일이나 프린터로 출력하는 기능, 실험의 경위나 경로를 다시 확인할 수 있는 애니메이션의 출력 기능 등이 포함된다.

둘째, 데이터 수집이 필요하다. 모델에 입력할 변인이나 데이터를 학습자가 수집해야 한다. 이는 실세계에서 수집할 수도 있으며, 웹 상에서 가상의 데이터로 수집할 수도 있다.

셋째, 데이터 처리에 대한 결과의 제시가 필요하다. 결과의 제시는 대체로 그래프나 표(테이블) 형식을 취하며, 이는 학습자에게 직접 제시될 수도

있으며, 파일이나 전자 메일의 형태로 개별 통보될 수도 있다. 물론 제시된 결과는 프린터나 파일로 저장이 가능해야 한다.

넷째, 조작 기능이 필요하다. 개발된 모델에서 학습자의 자기 주도적 학습 원리에 따른 개체(Object)의 조작은 필수적이다.

## 2.2 웹 기반 수업 이론

오늘날 인터넷에 접속할 수 있는 가장 쉽고 인기 있는 방법은 웹이다. 웹의 등장과 함께 인터넷은 가장 중요한 교수도구로서 교사들에게 인식되고 있으며, 웹을 이용한 새로운 교수모형이 모색되고 있다. 새롭게 출현하고 있는 이러한 교수모형을 웹 기반 수업(Web Based Instruction)이라고 부른다.

아직 이론적인 검증이나 연구가 미흡한 상태이기 때문에 웹 기반 수업에 대한 개념적인 정의는 간단하지 않지만 웹 기반 수업은 특정한 그리고 미리 계획된 방법으로 학습자의 지식이나 능력을 육성하기 위한 의도적인 상호작용을 웹을 통해 전달하는 활동이라고 정의 내릴 수 있다(Ritchie & Hoffman, 1996).

또한 웹 기반 수업은 학습을 촉진하고 지원하는 의미 있는 학습환경을 만들기 위해 웹의 속성과 자원을 활용하는 하이퍼미디어 기반 수업 프로그램(hypermedia based instructional program)을 의미한다고 볼 수도 있다.

웹 기반 수업에서 대부분의 수업 방법은 개별학습이다. 즉, 학습자 개인의 학습 양식이나 학습 방법에 따라서 학습자 주도적으로 학습하는 것이 대부분이다. 그러나 웹 기반 수업의 교육적 유용성 중에서도 많은 사람이 가장 핵심적인 특징으로 지적하는 교사:학습자, 학습자:학습자, 학습자:웹코스웨어 간의 다양한 상호작용의 기회를 제공함으로써 협동학습이 가능하다.

웹은 원래 분산적(distributed)이며, 이러한 분산적인 도구들은 더 분산적이고 학습자들간의 새로운 형태의 상호작용에 관한 잠재적인 학습 환경을 만들어내게 되었다.

## 2.3 과학 학습 모형의 탐구

Romey는 과학 학습 지도가 학생들의 탐구 능력을 배양하는 수업이어야 한다는 입장에서 과학 학습지도에서 학생들의 연구 활동, 학생들간의 토론 활동을 특히 강조하고 있다.

탐구 학습의 중요한 교육 목표는 학생들에게 과학 하는 과정과 방법, 즉 탐구 능력을 신장시키는 것이다. 탐구 능력의 신장이라는 교육목표를 달성하기 위한 가장 효과적인 교육 방법은 실험실 교육이라는데 의견이 모아지고 있다.

실험을 하지 않고도 제한된 범위에서의 탐구 학습은 가능하다. Willson은 이러한 종류의 탐구 활동을 개념적 탐구라고 하였다.

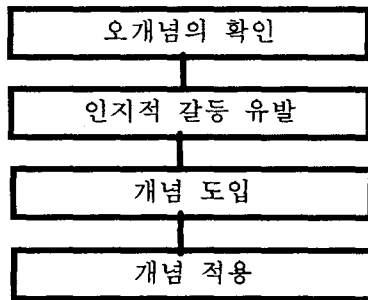
실험실 교육이라고 해서 그것이 항상 탐구 학습과 연결되는 것도 아니다. 예를 들면, 과학 교사가 어떤 문제 및 그 문제를 해결하기 위한 실험 과정을 모두 제시하고, 학생들은 교사의 지시대로만 실험을 진행하며 결과도 교사가 정리해 준다면 이러한 실험은 비탐구적 실험실 교육이다.

따라서 실험실 교육이 반드시 탐구 학습과 연결되는 것은 아니다. 탐구적 실험에서는 학생들 스스로 문제를 생각해 내기도 하고, 실험을 설계도 해 보고, 실험의 진행, 자료의 수집과 정리, 자료의 분석 및 종합 등 모든 탐구 과정에 학생들이 자유롭게 참여하고 학생 스스로 생각해 볼 수 있는 여지를 많이 남겨 놓고 있다. 탐구 학습에 있어서 개념적 탐구와 탐구적 실험 교육 중 어느 것이 더 좋은 교육 방법인가를 논의하기보다는 주어진 교육 여건 하에서 어떻게 두 가지를 잘 조화하고 배합하여 학생들의 탐구 능력 신장을 도울 수 있을 것인지를 고려해야 한다. 본 논문에서는 일반적으로 제안되고 있는 수업 모형으로 개념 획득 수업 모형, 경험 수업 모형, 발견 수업 모형, 가설 검증 수업 모형의 네 가지로 분류하고 있다.

### 2.3.1 개념 획득 수업 모형

이 수업 모형은 Ausubel이 주장한 대로 학생들이 학습 이전에 학습한 내용과 관련된 기본 개념을 얼마나 알고 있는지를 파악하는데서 시작한다. 특히 학생들의 선입 개념이 오개념일 때, 그들의 인지 구조로는 쉽게 해결할 수 없는 갈등 상황을 제시하여 인지적 갈등을 유발시킨 후, 갈등을 해소해 가는 활동을 통하여 궁극적으로 새로운 개념을 학습하게 된다.

이 모형은 기본적으로 인지구조와 학습 내용 사이의 인지적 갈등이 수업 과정의 핵심이 된다. 여기에서 인지구조는 학생들이 지니고 있는 개념 체계를 의미하는 것이다. 개념 획득 수업 모형의 단계는 (그림 1)에서와 같이 설정될 수 있다.

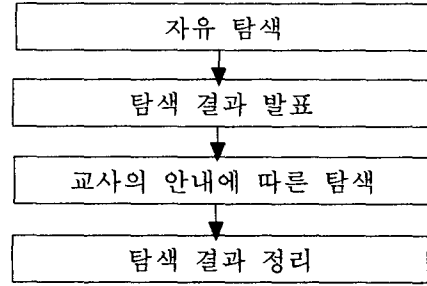


(그림 1) 개념 획득 수업의 절차

### 2.3.2 경험 수업 모형

이 수업 모형은 과학의 학습에서 자료를 바탕으로 개념을 일반화하는 과정이나 실험에 의한 가설 검증 과정을 필요로 하지 않고 학생들이 자연의 사물과 현상을 직접 경험할 수 있는 기회를 제공함으로써 탐구 과정 능력의 개발에 강조를 두는 수업 모형이다.

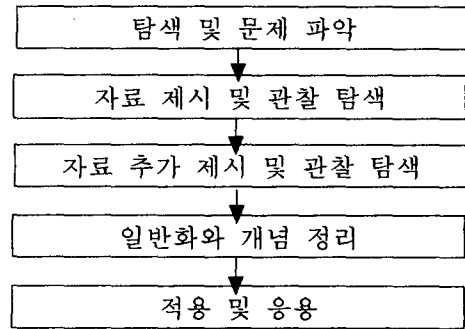
경험 수업 모형의 학습 지도 단계는 다음과 같다.



(그림 2) 경험 수업의 절차

### 2.3.3 발견 수업 모형

이 수업 모형은 자연의 사물과 현상을 관찰하고, 그 결과를 일반화하는 활동이 주를 이루는 수업의 모형으로 주로 개념과 일반화의 형성에 일차적인 초점을 두고 있다.



(그림 3) 발견 수업의 절차

### 2.3.4 일반적 학습 유형에 대한 논의

일반적인 과학 학습 유형은 앞서 제시한 개념 획득 수업 모형, 경험 수업 모형, 발견 수업 모형, 가설 검증 수업 모형 외에 더 많이 있다. 그러나 초등학교 및 중학교 교육과정에서 가장 많이 적용되고 있는 수업 모형으로 개념 획득, 경험, 발견, 가설 검증 수업 모형을 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 과학 가상 실험·실습 시스템 모형을 개발하기 위해서는 최소한 앞서 제시한 4개의 학습 유형이 포함되어야 한다.

그러나 과학에서 다루어지는 실험·실습은 내용면에서 앞서 제시한 4가지 유형을 따르고는 있으나 실제 실험·실습이 이루어지는 부분에서는 대부분 유사한 단계를 보이고 있다. 이는 다루어지

는 대부분의 실험·실습에서의 유형을 결정하는 것은 실험·실습 과제를 해결하기 위한 과학적 탐구 과정 요소(관찰, 측정, 분류, 기록, 추론, 가설형성, 변인통제, 자료해석, 조작적 정의, 모델 형성)이다. 즉, 동일한 과제를 통하여 관찰을 통한 개념의 획득이나 기능을 익힐 수 있을 수 있으며, 측정을 통하여 이를 수행할 수도 있다.

따라서 과학 가상 실험 모형은 내용상으로 상이한 학습 유형을 가질 수 있으나 웹 상에서 이루어지는 가상 실험 모형을 과제를 구체적으로 실험하는 방법에서 모색될 수 있으며, 이는 탐구과정요소를 과제 특성에 맞게 어떻게 선정하느냐의 문제로 들 수 있다.

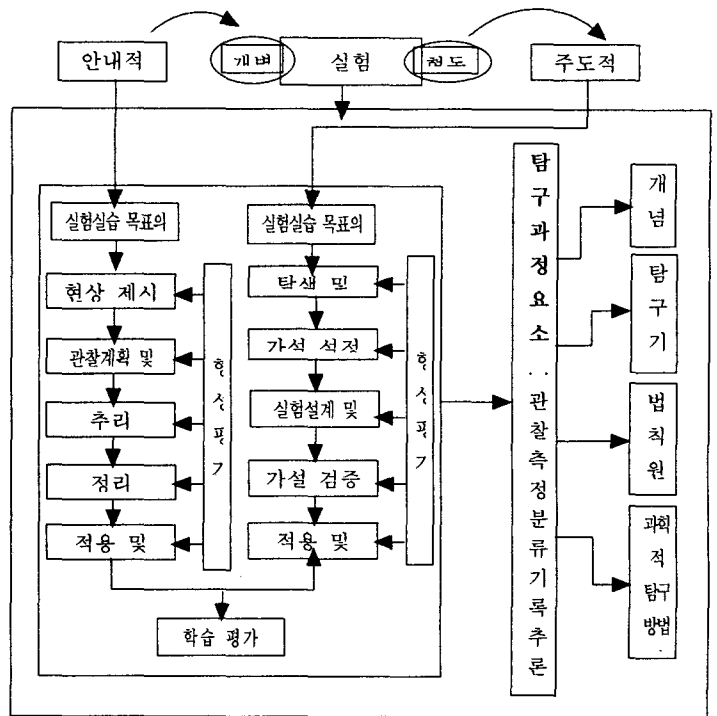
과학 가상 실험 모형의 체계는 초등학교, 중학교 과정의 모든 실험 과제를 과제의 특성에 맞게 포함할 수 있는 방안과 과제에 따른 탐구과정요소의 흐름을 달리해야 한다고 볼 수 있다.

### 3. 과학 가상 실험 유형

일반적인 과학 학습 유형에서 실험 유형의 체계를 추정하였다. 이는 실험을 위한 일반적이고 보편화된 모형이 없기 때문이다. 과학 가상 실험은 앞서 언급한 바와 같이 초등학교 및 중학교 교육과정에서 다루어지는 실험 과제를 모두 포함해야 한다.

따라서 과학 학습 유형을 따르되 단순히 학습 유형만을 제시한다면 실험의 특성을 살리지 못한다. 따라서 실험에서 가장 중요하게 다루어지는 탐구과정요소와 그에 따른 학습자가 실험 후에 도달해야 하는 목표를 함께 제시함으로써 과학 가상 실험의 유형을 그릴 수 있다.

(그림 4)는 본 논문에서 제시하는 과학 가상 실험 모형의 체계이다.



(그림 4) 과학 가상 실험 모형의 체계

과학 가상 실험 모형의 체계는 첫째, 학습자가 할 수 있는 모든 실험을 개별학습이나 협동학습을 통하여 할 수 있도록 되어 있다.

둘째, 학습자의 수준을 고려하여 두 가지 실험 모형을 채택하고 있다. 즉, 안내적 실험 모형과 자기 주도적 실험 모형이다. 안내적 실험 모형은 교사를 대신하는 시스템에 의한 안내된 실험으로 구성된다. 이를 위해서 다양한 코칭 피드백이나 학습자에 의해서 발생하는 다양한 이벤트의 안내를 준비해야 한다. 자기 주도적 실험 모형은 학습자 스스로 실험할 수 있는 능력이 있는 학습자가 자기 스스로 실험을 진행하는 모형이다. 물론 단순한 피드백이나 안내는 제공된다. 그러나 실험에서 가장 중요한 탐구 과정 요소를 설정하는 과정이나 각 탐구 과정 요소에 따른 탐구 활동은 대부분은 학습자 스스로 진행할 수 있도록 구성 된다.

셋째, (그림 4)에서 안내적 실험 모형과 자기 주도적 실험 모형은 대부분 실험 과제의 내용에 따른 단계로 구성되며, 구체적으로 과학 가상 실험 시스템의 전개는 각 유형의 단계에 따라서 탐구과

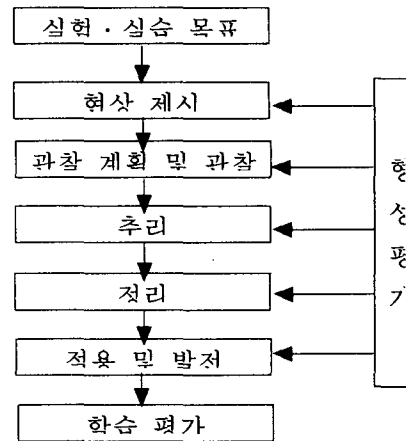
정요소를 어떻게 구조화시키는데 달려 있다. 실험 유형을 고려하고 각 단계별로 적절한 탐구과정 요소를 통하여 개념획득, 탐구 기능 획득, 법칙 및 원리의 발견, 과학적 탐구 방법의 이해라는 학습 목표에 도달하게 된다.

### 3.1 과학 가상 실험 모형의 절차

과학 실험 모형은 과학 학습 내용의 특성과 학습 방법 및 절차상의 특성이 최대한 반영되어 제시되어야 한다. 앞서 고찰한 바와 같이 학습 내용의 성격에 따라 기존의 학습 모형을 검토해보면 개념획득 모형, 경험 학습 모형, 발견 학습 모형, 가설 검증 학습 모형으로 구분할 수 있다. 이러한 모형들에 따라 가능한 교수 방법은 다양하다. 따라서 같은 학습 모형에 대해서 서로 다른 교수 방법이 활용될 수 있고, 또 다른 학습 모형의 구현에 같은 교수 방법이 활용될 수도 있다. 이것은 교수 방법이 학습 모형에서 적용하는 전략에 따라 결정되는 것이기 때문이라고 할 수 있다. 그런데 (그림 4)의 구분은 실험을 학습자의 수준이나 학습 참여자의 수에 따라서 결정되는 것이라고 보아야 한다. 또한 각 유형별 단계에 맞는 탐구과정요소를 선정하도록 되어 있으며, 결국 학습자의 학습 목표에 도달하도록 되어 있다.

과학 가상 실험 모형은 가상 공간이라는 제약으로 인해 일반적인 모형들을 그대로 적용시킬 수는 없다. 따라서 과학의 학습에서 다루어지는 대부분의 지식과 탐구 학습을 수용할 수 있는 가장 포괄적인 학습의 단계를 구성하였다.

#### 3.1.1 안내적 실험 모형



(그림 5) 안내적 실험 모형의 절차

안내적 실험 모형은 현상을 제시하고 이에 대한 자세한 안내나 시스템에서 제공하는 피드백을 통하여 학습자가 단순히 추리하고, 이를 통하여 개념 획득, 탐구 기능 획득, 법칙이나 원리의 발견, 과학적 탐구 방법의 이해에 도달하도록 구성된다.

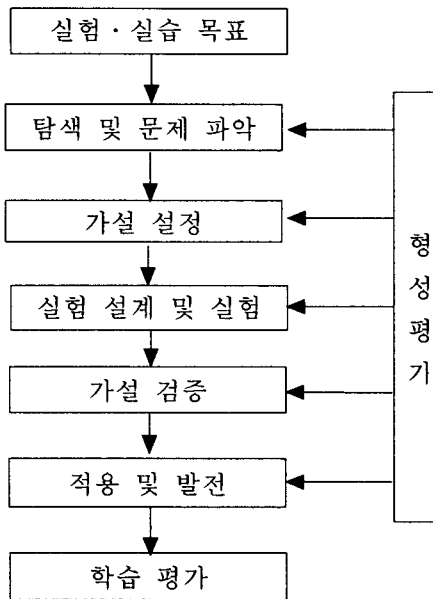
학습자는 안내적 실험 모형을 통하여 과학적 현상을 자연스럽게 이해할 수 있게 될 것이며, 이를 통하여 현상에 내포된 다양한 진리를 탐구하게 된다. 본 유형에서 가장 중요한 것은 자연스러운 시스템의 피드백과 코칭 시스템 및 학습자의 실험에 대한 부담감이 없어야 한다.

#### 3.1.2 자기 주도적 실험 모형

자기 주도적 실험 모형은 과학자들이 과학적 지식을 형성해 가는 과정에 대한 학습을 목표로 한다는 점에서 탐구 학습 모형과 유사한 모형이다.

일반적으로 과학자들이 원리나 법칙을 발견하고 새로운 이론을 이끌어내는 탐구 과정은 다음과 같은 5단계의 활동을 통하여 이루어진다.

- 제 1 단계 : 문제의 인식
- 제 2 단계 : 가설의 설정
- 제 3 단계 : 실험 설계
- 제 4 단계 : 실험 수행
- 제 5 단계 : 가설 검증
- 제 6 단계 : 새로운 지식의 도출



(그림 6) 자기 주도적 실험 모형의 절차

#### 4. 결론

본 논문에서는 웹 기반에서 과학 실험 및 실습이 학습자의 학습에 효과적으로 활용될 수 있는지에 관하여 그 이론적 배경을 고찰하고 일반적인 과학 학습 모형을 근거로 하여 과학 가상 실험의 모형을 고안하고 고안된 실험 모형을 토대로 시물레이션 프로그램을 구현하였다.

본 논문을 통하여 과학 가상 실험 모형은 과학 학습 내용의 특성과 학습 방법 및 절차상의 특성이 최대한 반영·제시되어야 하며, 학습 내용의 성격에 따라 다음과 같이 안내적 실험 모형, 자기 주도적 실험 모형으로 구분할 수 있다.

이러한 모형들에 따라 가능한 교수 방법은 다양하다. 따라서 같은 학습 모형에 대해서 서로 다른 교수 방법이 활용될 수 있고, 또 다른 학습 모형의 구현에 같은 교수 방법이 활용될 수도 있다.

따라서 본 논문에서는 웹 기반에서의 과학 가상 실험 모형을 반영한 시스템의 구축을 통하여 교육의 효율성을 제공하고 교과 과정에 적합한 실험을 웹 기반에서 멀티미디어를 이용한 다양한 실험 환경 제공함으로써 원격실험 체제의 구축을 가능하게 하고 학습자 스스로 과학 가상 실험을 할 수

있는 자율학습 체제의 환경이 구축될 수 있으리라 생각한다.

#### 참고 문헌

- [1] 권재술 외 2인(1998). 과학교육론. 서울 : 교육과학사.
- [2] 권재술 외 8인(1998). 중학교 과학 1, 2. 교사용지도서. 서울 : 한샘출판(주).
- [3] 김시중 외 13인(1998). 중학교 과학 1, 2 교사용지도서. 서울 : 금성교과서(주).
- [4] 박승재 · 조희형 공저(1994). 학습론과 과학교육. 서울 : 교육과학사.
- [5] Acovelli M., & Gamble M.(1997). "A Coaching Agent for Learners Using Multimedia Simulations". Educational Technology, Vol. 37, No. 2. NJ: Educational Technology Publications.
- [6] Alessi, S. M., & Trollip, S. R.(1985). "Simulation". Computer-Based Instruction. NJ: Educational Technology Publications.