

웹기반 가상 실험을 위한 오류 분류 방법에 관한 연구

이건민¹⁾ 백광운 김갑수 이숙희

서울선곡초등학교 서울삼선초등학교 서울교육대학교 컴퓨터교육과 서경대학교 전산정보관리학과
lkm619@unitel.co.kr bkwoon@dreamwiz.com kskim@ns.snue.ac.kr oleesh@bukak.skuniv.ac.kr

A Study about Error Classification Method for Web-based Virtual Experiments

Geon-Min Lee²⁾ Kwang-Woon Baek Kap-Su Kim Suk-Hee Lee
Seoul Sungok Elementary School Seoul Sam-Sun Elementary School
Seoul National University of Education, Dept. of Computer Education
Seokyeong University, Dept. of Computer&Information Management

요 약

기존의 웹기반 가상실험 시스템은 단방향적 학습내용 제시 및 학습자의 반응이라는 구조를 가지고 있으며 실제 과학실험에서 범하기 쉬운 오류들을 학습자가 스스로 진단하고 수정할 수 있는 과정을 간과하고 있다. 또한 현재의 가상실험 사이트는 학습자의 입장에서 다양하게 사고하고 변인을 조작하며 피드백을 통한 오류를 분석, 분류 및 수정 할 수 있는 기회를 제공하지 않는 경우가 대부분이다.

이에 본 논문은 가상 실험에서 학습자들이 겪게 되는 오류발생 문제를 진단하고 분석하여 피드백과정을 거쳐 오류를 수정하고 보완하여 가상공간에서 교사와 학습자, 학습자와 학습자간의 상호작용을 통한 가상 실험이 원활하게 이루어지게 하는데 목적이 있다.

본 논문에서는 웹 기반 가상실험 학습의 장점 및 그와 연관된 오류분석 및 피드백의 의미를 7차 교육과정과 관련지어 기술하였으며, 시스템을 인터페이스 프로세스, 오류체크 프로세스, 오류분석 프로세스, 오류기록 프로세스, 오류제어 프로세스, 피드백 프로세스로 구성하였다. 또한 현 교육과정 중 초등학교 4학년 과학과의 한 단원을 선택하여 시스템을 적용하였다.

현재 국내 및 국외에서 웹기반 학습과 관련된 가상실험 사이트들이 다수 개발되고 있으나 단순한 학습 내용 제시와 실험결과 위주의 평가를 중시한다는 단점이 있다. 본 시스템의 학습자는 이와는 달리 실험결과 뿐만 아니라 실험과정의 오류를 확인하고 피드백을 받아 스스로 오류를 분석, 수정하게 된다.

1. 서론

지식기반의 사회에서는 주어진 정보를 어떻게 가공, 활용해서 자기의 것으로 만들 수 있는가하는 문제를 매우 중요시 여긴다. 정보의 개념이 주어지는 단순한 지식이 아닌, 적극적으로 탐색하여 가공하고 재조직해서 창의적인 것으로 만드는 방향으로 변하고 있다. 이는 과거의 전통적인 학습방법과는 다른 자기 주도적인 학습방법과 관련된 것으로서 전체 학습 과정을 학습자가 자발적으로 이끌어 나가며 학습 경험을 계획하고, 시행하고, 평가하는 일차적인 책임을 학습자가 스스로 맡는 학습과정이다.

이러한 역할에 도움을 주는 학습방법이 웹을 통한 상호작용 학습방법이다. 특히 오늘날에는 인터넷의 보급과 기술의 발달로 웹기반학습의 중요성이 강조되고 있다. 이에 따라 여러 분야에서 오프라인 학습 환경이 온라인 환경으로 변해 가고 있다. 과학과 실험도 이 추세를 반영하여 웹을 기반으로 하는 다양한 시도가 이루어지고 있다. 그 중에서 특히, 주목할 만한 것은 웹의 가상환경을 최대한 활용하는 가상실험(virtual experiment)이다.

가상실험은 실험 설계에서 각각의 단계를 위한 데이터를 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 통해 생성하고 실험하는 과정이다[1]. 이는 가상공간상의 정보를 검색하고 가공하여 자신의 것으로 만들어 가면서 학습자 중심의 창의력 신장학습에 중요성을 부여한다. 가상 실험은 실제 실험에서 발생할 수 있는 오류를 최소화 시켜 실험의 정확성을 높이는데 목적이 있다. 그러나 실험의 불확실성은 가상 실험에서도 예기치 않은 오류를 범하게 한다. 가상 실험의 오류는 실험 결과를 원치 않는 방향으로 이끌어가며, 가상 실험의 신뢰도 하락을 가져온다. 그러므로 가상 실험에서 발생하는 오류에 대한 분석이 필요하다.

실제 실험에서의 오류는 불확정 오류와 확정 오류 두 가지 유형으로 분류된다[2]. 불확정 오류는 개개의 측정에서 발생하는 오류의 크기나 정조를 결정할 수 없는 것으로 측정을 반복할수록 매번 측정값이 달라진다. 확정 오류는 측정을 여러 번 실시하였을 때, 발생하는 오류의 크기나 정조가 동일한 경우를 이른다. 그러나 현재 웹 기반 가상 실험 사이트는 위의 기본적인 오류를 고려하지 않은 채 설계되거나 배제 한 상태로 설계되어 실제 실험과 동떨어진 경향이 있다.

그리고, 시스템 구성의 기술적인 측면을 중요시 한 나머지 과학교과의 특성에 따른 수업 모형에 의한 교육 방법적인 측면은 간과하고 있어 실제 학습은 내용의 단순한 제시 및 실험으로 그치는 경우가 많다[3]. 이는 획일화된 실험 방법과 정확한 실험결과만을 학습자가 받아들이도록 하여, 실험에서 발생하는 여러 가지 변인과 오류에 대한 학습자의 체험을 방해하는 역할을 한다.

이에 본 연구는 과학실험 결과의 오류뿐만 아니라 과정 자체의 오류분석, 분류와 수정에 주안점을 두어 학습자가 다양한 정보를 가지고 상호작용을 통한 피드백을 제공받아 스스로 학습활동을 하고 평가하는 시스템에 대한 연구를 목적으로 하며 이를 초등학교 학생을 대상으로 가상 실험에 적용하였다.

2. 가상 실험과 오류분석

가상실험학습이란 교사와 아동간에 직접적인 교수학습활동이 이루어지는 것이 아니라 컴퓨터에 의해 생성된 가상의 공간에서 이루어지는 학습을 의미하여 시간적, 공간적 제약을 극복하고 원하는 장소와 시간에 교육 서비스를 받을 수 있는 것을 의미한다[4]. 웹을 기반으로 하는 가상실험 시스템의 장점은 다음과 같다[5][6][7]. 첫째, 가시화의 힘(Visual power)으로,

학습자들이 웹 상에서 실험활동을 하여 다양한 방법으로 사고(思考)하고 선택하는 기회를 부여하고 그러한 이미지(image)들을 생성할 수 있으며 컴퓨터 학습프로그램을 직접 조작하고 반응함으로써 보다 잘 학습하게 된다. 둘째, 학습자들은 실험과정에서 변인(Variable)을 다양하게 조절하며 그에 따라 실험결과가 다양하게 도출된다. 또한, 가상실험은 학습자가 원하는 시간과 장소에서 그리고 각자의 학습진행 정도에 따라 관찰·실험활동을 완수하게 해준다.

가상실험에서 오류분석 및 피드백개념의 중요성은 Prosser와 Tamir에 의해 제시되었다[8]. 그들은 과학과에 대한 컴퓨터의 적용 가능성을 지도적(Instructional), 탐구적(Revelatory), 창조적(Conjuctual), 대체적(Emanicipatory)적용으로 구분하여 제시하였었다. 이중 지도적 적용은 경험하기 힘든 여러 가지 실험이나 실습을 컴퓨터를 통해서 반복적으로 수행하는 것으로 컴퓨터와의 반복적인 대화를 통해 습득할 수 있는 프로그램 활용과 관련이 있으며, 창조적 적용은 학습자가 스스로 고안해 낸 가설들을 컴퓨터를 활용하여 실험하는 것을 의미한다. 이 두가지 적용 가능성은 웹기반 가상실험에서 오류분석 및 검증 작업이 과학과의 기본활동과정임을 확연히 보여 주고 있다.

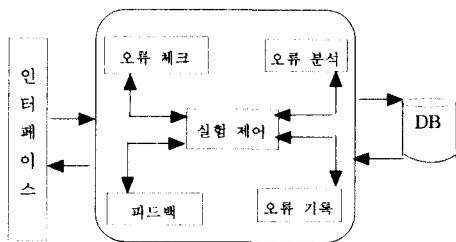
과학 실험에서의 오류를 두 가지로 분류하면 조직적인 오류(불확정 오류)와 임의적 오류(확정 오류)로 구분된다[9]. 조직적인 오류란 실험에 사용된 기술이나 도구 자체의 부정확성에 기인한 것으로, 예를 들면 실험을 정확히 할 수 없는 실험도구를 사용하는 것과 같은 것이다. 임의적 오류란 실험활동 중에 예기치 못한 또는 알려지지 않은 변인에 의해 발생한다. 과학과는 다른 분야에서도 오류분석에 대한 연구가 이루어 지고 있다. 예를 들면, Chanier와 Pengelly의 언어학습시스템에서의 오류분석을 연구에서 오류를 진단, 분석, 수정하는 과정을 6단계로 구분하였다[10]. 이처럼 오류란 항상 존재하는 것이며 어느 분야에서도 이를 분석, 분류 및 수정할 필요성이 있다. 본 논문에서는 다음과 같은 단계에 따라 오류분석을 한다.

첫째, 오류 변인을 선정(選定)한다. 이 때 학습자의 특징 즉, 나이, 발전단계, 활동동기 등을 고려한다. 둘째, 오류를 분류한다. 이 때는 실험상의 오류와 개념상의 오류로 구분하여 적용한다. 셋째, 오류를 기록한다. 오류 기록은 오류 변인과 오류 분류를 연계하여 한다. 넷째, 오류를 평가한다. 오류 발생 빈도수에 따라 오류의 경중을 평가한다. 마지막으로 오류를 교정한다. 피드백을 통해 오류를 예방하고 수정하는 단계이다.

3. 시스템 설계

3.1 시스템 구조

가상 실험 오류 분석을 위한 시스템은 인터페이스, 오류 체크 프로세스, 오류 분석 프로세스, 오류 기록 프로세스, 피드백 프로세스, 실험 제어 프로세스로 구성된다. 전체적인 시스템의 구조는 [그림1]과 같다.



[그림1] 시스템 구조

가상실험에서 가장 중요한 활동은 학습자와 웹기반 오류분석·피드백 시스템과의 상호작용이다. 이러한 활동을 원활하게 하기 위해 중간 매체역할을 하는 인터페이스가 요구된다. 실험이 이루어지는 동안 학습자들의 실험오류 가능성은 다양하다. 이를 미리 작성된 비교기준 DB와 상호 비교하기 위해 오류체크 프로세스를 구성한다. 오류 발생의 유형이 실험상의 오류인지 또는 개념상의 오류인지를 분류, 분석하기 위해 오류 분석 프로세스가 요구되며 오류 기록 프로세스는 발생한 여러 가지 오류들을 유형별로 저장하기 위해 필요하다. 마지막으로 오류를 평가하고 수정하기 위해 피드백 프로세스가 요구된다.

3.2 오류 분석 프로세스

오류 분석 프로세스는 가상실험에서 발생하는 다양한 오류들을 유형별로 분석하여 분류하는 작업을 한다. 오류유형은 크게 가상실험에서 실험도구 조작의 미숙함, 또는 잘못된 도구를 사용하여 발생하는 실험상의 오류와 잘 못된 과학적 지식에서 기인한 개념상의 오류이다. [표1]에 초등학교 수준의 대표적인 오개념 및 실험방법상의 오류의 예를 제시한다[12].

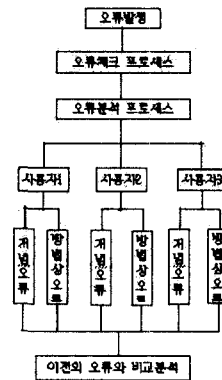
[표1] 초등학교생의 실험상의 오류와 오개념

| 내용 영역 | 오개념 내용 |
|---------|---|
| 실험상의 오류 | <ul style="list-style-type: none"> 전자석실험에서 에나멜선을 연결 못에 감은 후 전전지에 연결하기 전에 에나멜선의 양끝을 벗기지 않는다. 물을 끓이는 기간에 따라 변하는 온도를 재기 위해 비커 속에 온도계를 넣을 때 비커 바닥에 온도계 끝이 닿는다. 생물 관찰 실험시 현미경으로 초점을 맞출 때 경동 부분을 아래에서 위로 올리기 않고 위에서 아래로 이동시킨다. |
| 오개념 | <ul style="list-style-type: none"> 에너지는 물질이다. 설탕이 물에 녹아서 보이지 않는 것은 없어졌기 때문이다. 식물은 뿌리를 통해서 먹이를 흡수한다. 거울에는 태양과 지구 사이의 거리가 멀고, 여름에는 거리가 가깝다. |

오류 분석 프로세스는 위에서 제시한 두 가지 형태의 오류를 유형별로 분석하며 오류분석 프로세스의 기능은 다음과 같다.

- 사용자별 오류 유형 분석
- 이전에 범한 오류와 비교 분석(같은 실험에 대해 오류를 반복해서 범하는 경우가 있음)
- 유형별 오류 분석 - 실험상의 오류와 오개념으로 분류

오류분석 프로세스의 처리과정은 그림2와 같다.



[그림2] 오류분석 프로세스의 처리과정

3.3. 관련 프로세스

인터페이스는 친화성을 고려한 풍부한 상호작용의 설계가 이루어져야 한다. 즉 요청에 대한 피드백과 오류의 메시지를 적절하게 제공해야 하는데 피드백은 학습자 반응의 수준에 대한 웹 기반 학습의 반응이며, 메시지는 학습자의 반응에 대한 적절한 기술 및 반응에 대한 기술적 조치이다. 인터페이스 프로세스는 사용자와의 상호작용을 가능하게 하며, 가상실험의 결과 및 그에 따른 피드백 화면을 제공한다.

오류체크 프로세스는 학습자들이 가상실험활동을 할 때 발생하는 오류를 <비교기준 Data Base>척도에 따라 점검하는 작업을 하며 유형별 오류 체크, 사용자별 오류 체크, 오류 발생 위치 체크, 오류 발생 가능성 체크 등의 기능을 수행한다.

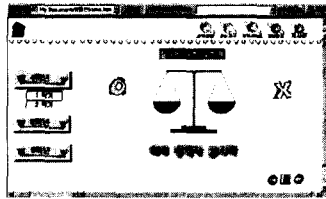
오류 기록 프로세스는 분석 및 분류된 오류들을 유형에 따라 임시 기억장치에 저장하여 기록하는 작업을 한다. 학습자들은 가상실험을 하면서 이 프로세스를 통해 제시된 내용을 보면서 스스로 얼마나 많은 오류들을 경험했는지를 알게 된다. 이 프로세스는 사용자별 오류 기록, 오류 발생 위치 기록, 유형별 오류 기록의 기능을 수행한다.

실험제어 프로세스는 가상실험에서 각각의 프로세스 즉, 오류 체크·오류기록·오류분석 프로세스의 메시지를 적절하게 처리한다. 이 프로세스는 오류체크 프로세스와 오류기록 프로세스, 오류분석 프로세스와 유기적인 관계를 유지하면서 전체적으로 기능을 조율하는 역할을 한다.

피드백 프로세스는 가상 실험에서 발생한 오류를 평가하여 수정하고 학습자에게 피드백을 제공하는 기능을 수행한다.

4. 시스템의 적용

본 연구의 적용 대상은 초등학교 4학년으로 과학교과 내용 중 4학년 1학기 제 1단원 <수평잡기>를 선정하여 오류분석 및 피드백 제공의 연구를 하였다. 가상 실험의 주요 연구 과제는 '분동을 이용한 양팔 저울의 수평잡기'로 [그림 3]에 오류 발생의 예를 보인다.



[그림3] 오류발생 화면

위의 학습주제에 따라 가상 실험을 하였을 때 [표2]와 같은 실험상의 오류들이 발생하였다. (Y=YES, N=NO)

[표2] 가상 실험에서 발생한 오류

| 오류 내용 | Y | N |
|--|----|----|
| 실험전에 양팔저울의 수평상태를 확인하였는가? | 33 | 7 |
| 분동을 양팔저울에 올려놓을 때 핀셋을 사용했는가? | 35 | 5 |
| 핀셋을 올바른 방향으로 잡았는가? | 38 | 2 |
| 분동은 큰 것부터 올려놓았는가? | 23 | 17 |
| 양팔저울의 왼쪽접시에 물체를 올려놓고 오른쪽 접시에 분동을 올려놓았는가? | 19 | 21 |
| 양팔저울이 수평인 상태에서 물체의 무게를 구하였는가? | 28 | 12 |

5. 결론 및 향후 연구과제

현재의 가상실험 사이트는 학습자의 입장에서 다양하게 사고하고 변인을 조작하며 피드백을 통한 오류를 분석, 분류 및 수정 할 수 있는 기회를 제공하지 않는 경우가 대부분이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 웹 기반으로 가상실험에서 학습자들이 겪게 되는 오류발생 문제를 진단하고 분석하여 피드백과정을 거쳐 오류를 수정하고 보완하는데 목적이 있다. 이를 가상 실험에 적용하기 위해 인터페이스 프로세스, 오류체크 프로세스, 오류분석 프로세스, 오류기록 프로세스, 실험 제어 프로세스, 피드백 프로세스로 시스템을 구성하였다. 실제 적용은 초등학교 4학년 과학과를 선택하여 하였다. 이 시스템을 통해 학습자는 가상실험에서 범하는 오류를 인식하고 오류 교정을 통해 다양한 실험관점과 경험을 하게 된다. 향후 연구 과제는 학습자가 가상실험을 통해 다양하게 사고하고 반응하여 시스템과의 연속적인 상호작용이 가능하게 하고 더 나아가 학습자와 교사의 상호작용을 위해 오류분석·피드백시스템을 이용한 가상토론을 통한 실험이 가능하도록 하는 것이다.

참고문헌

[1] Kathleen M. Carley , On Generating Hypothesis Using Computer Simulation http://www.dodccrp.org/1999CCR-TS/pdf_files/track_1/039carle.pdf, 1999.

[2] Donald E. Simanek , Error Analysis (Non-Calculus), <http://www.lhup.edu/~dsimanek/errors.htm>, 1996.

[3] 김정규(2000), 과학과 탐구학습을 위한 웹 기 반 지원 시스템설계 및 구현, 서울교육대학교 대학원, 2000

[4] Nancy stevenson, Distance learning On-line for dummies, Dummies Press, 2000.

[5] <http://physchem.ox.ac.uk/~hmc/chemconf/ccp/aper6.html>

[6] <http://cleo.murdoch.edu.au/ajet/ajet15/rice.htm>

[7] 리넷 R. 포터/이성은 譯, 「가상교실 만들기」, 한울, 2000

[8] Prosser, M. & Tamir, P., Developing and improving the Role of Computers in student Laboratories. In: Hegarty-Hazal, E.(ed), The Student Laboratory and the Science Curriculum, Routledge, 1990.

[9] <http://www.physics.purdue.edu/~clark/Courses/Physics271L/Exp1/Exp1.html>

[10] <http://lib.univ-fcomte.fr/RECHERCHE/P7/pu/Washing/washing.htm>

[11] 한국교육과정평가원, 초등학교교사용지도서, 교육부, 2000.