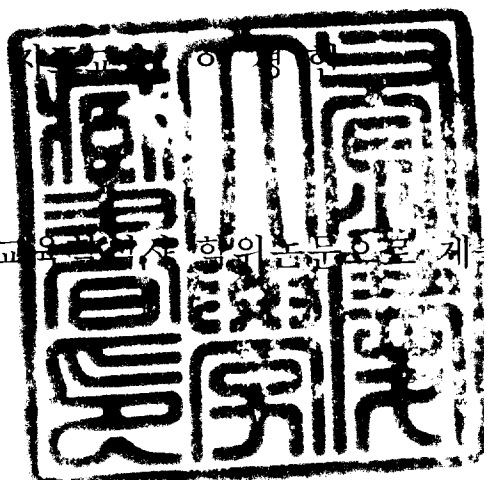


교육학석사 학위논문

MathML을 활용한 이차방정식의 대화식 학습 시스템의 설계 및 구현

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함



2005년 8월

부경대학교 교육대학원

전 산 교 육 전 공

주 천 석

주천석의 교육학석사 학위논문을 인준함

2005년 8월 31일

주심 공학박사 여 정 모



위원 이학박사 신 상 욱



위원 이학박사 이 경 현



< 차 례 >

표 차례	iii
그림 차례	iv
Abstract	v
I. 서 론	1
II. 시스템 설계를 위한 기반연구	4
2.1 웹기반 교육과 웹기반 수학교육	4
2.2 MathML 연구	7
2.2.1 MathML	7
2.2.2 MathML의 활용과 지원	14
2.3 MathML을 이용한 사례연구	18
III. MathML을 활용한 이차방정식의 대화식 학습 시스템의 설계 및 구현	20
3.1 시스템 설계	20
3.1.1 시스템 테이블 설계	20
3.1.2 학습단원 선정과 시스템 구성	24
3.1.3 학습내용 계통 및 학습목표	26
3.1.4 시스템 전체 구성	27

3.2 시스템 구현	30
3.2.1 서버 구현환경과 클라이언트 구현환경	30
3.2.2 사용자 로그인과 모듈	31
3.2.3 MathML을 이용한 학습내용 화면	35
3.2.4 따라하기	36
3.2.5 평가문제	37
3.2.6 로그아웃	39
 IV. 결론 및 향후 연구 방안	 40
 [참 고 문 헌]	 42

< 표 차례 >

[표 1] 표현 마크업에서의 토큰 요소	11
[표 2] 표현 마크업에서의 일반적 레이아웃 요소	11
[표 3] 사용자 정보 테이블(교사,학생, 테이블명 : members)	22
[표 4] 우편번호 테이블(테이블명 : zipcode)	22
[표 5] 평가문제 테이블(테이블명 : problem)	23
[표 6] 게시판 테이블(테이블명 : board)	23
[표 7] 시스템 구현 환경	30

< 그림 차례 >

[그림 1] MathML 수식 트리	9
[그림 2] 수식의 레이아웃 박스	9
[그림 3] $\frac{3}{(x+2)}$ 을 위한 MathML 표현 마크업	10
[그림 4] $\frac{x-y}{2}$ 의 내용 마크업	13
[그림 5] $x-\frac{y}{2}$ 의 내용 마크업	13
[그림 6] 단원의 계통	26
[그림 7] 시스템 전체 구성도	28
[그림 8] 주 메뉴 내 학습 소단원 소개	29
[그림 9] 서브메뉴 내 학습활동의 소개	29
[그림 10] 시스템 Main 초기 화면	31
[그림 11] 회원가입 화면	32
[그림 12] 교사의 관리자 Main화면	33
[그림 13] 학생이 로그인 한 Main화면	34
[그림 14] MathML을 이용한 수식이 들어간 학습 화면	35
[그림 15] 따라하기에서 수식을 입력하는 화면	36
[그림 16] 완전제곱식 이용 풀이 평가 문제	37
[그림 17] 완전제곱식 이용 풀이 평가 문제 오답	38
[그림 18] 완전제곱식 이용 풀이 평가 문제 정답	38
[그림 19] Log-Out(학생) 화면	39

A Design and Implementation of an Interactive Learning System of the Quadratic Equation Using MathML

Joo, Cheon Seok
Graduate School of Education
Pukyong National University

Abstract

E-learning is focusing on the world's attention which makes use of web because it is proper for the recent knowledge-information oriented society and its culture. In Mathematics, however, numerical formulas used in text are not enough in interaction because they only express the drawing forms, and are also insufficient for Mathematics to use a study-system that corresponds to the development of the information communication technology.

In this thesis, we propose a web-based interactive learning system by using MathML. The proposed system has some desirable properties on a learning activity as follows.

First, with the help of the proposed system, students can directly input the numerical formula of quadratic equation. After responding to the questions, students can check certain expressed formulas on the web and result in their learning activities.

Secondly, our proposed system can have students that achieve the correction-study making some unexpected events at that moment. After classifying students' levels, this correction-study can reflect each student's study result and provide them with some learning programs on their own levels such as advanced, intermediate and beginning levels.

Finally, our proposed system is an interactive learning system which provides students with feedback at anytime.

I. 서 론

오늘날 인터넷 보급의 보편화와 더불어 초고속정보통신망의 구축과 전송기술의 발달로 인하여 대용량의 정보를 실시간에 주고받을 수 있게 되었다. 이로 인하여 양방향의 의사소통을 원활하게 할 수 있게 되었으며 교육현장에서도 지식정보화 사회와 그 문화에 맞는 웹을 이용한 교육방법이 주목받게 되었다.

이에 따라, 제 7차 교육 과정[1]에서도 정보화 사회에 주체적으로 대응할 수 있는 기초적인 자질을 기른다는 관점에서 복잡한 계산, 수학적 개념·원리·법칙의 이해, 문제 해결력의 향상 등의 영역에서 계산기나 컴퓨터의 활용을 적극 권장하고 있다. 또한, 최근 컴퓨터의 발달과 더불어 마이크로월드 환경에서 수학을 탐구한다는 아이디어를 토대로 하는 LOGO, 기호조작 능력이 뛰어난 Mathematica, Matheview, 학생들이 도형을 조작 변형하고 탐구활동을 할 수 있는 탐구형 기하 소프트웨어 CabriⅡ, GSP, Poly 등 여러 가지 소프트웨어가 개발되었고 수학교육에서도 컴퓨터 활용이 다양해졌다. 따라서, 컴퓨터 소프트웨어의 개발은 수학 교수-학습 과정에 큰 영향을 미치고 있으며 수학에서도 웹을 활용하는 교수-학습 자료들이 많이 개발되었다. 이는 수학교과 과목의 성격과 특성이 컴퓨터를 활용한 웹 기반 교육을 적용할 자연스러운 과목이라는 것을 보여준다.

원격교육에서의 상호작용[2]은 학습자-학습내용의 상호작용, 학습자-교수자의 상호작용, 학습자-학습자 상호작용의 유형으로 나누어 볼 수 있으며, 이러

한 상호작용은 학습을 이끌어 가는 촉매제로 매우 중요하며 반드시 필요하다.

학습시스템의 형태는 흔히 반복 학습형, 개인교수형, 게임형, 시뮬레이션형으로 나누고 있으나 이런 학습 형태보다는 학습시스템이 학습자와 얼마나 상호작용을 잘하며 학습을 이끌어 가는가 하는 것이 더욱 중요하다. 그러나, 대부분 수학 학습시스템들이 HTML과 수식을 위한 그림파일과 플래쉬를 이용한 속웨이크 파일로 표현되어 있어 수식의 계산이나 검색, 수정, 재사용이 어렵다. 따라서, 시스템과 학습자의 활발한 상호작용이 이루어지기 힘들고 학습자의 반응을 분석하여 개인에게 효과있는 적절한 피드백을 실시간에 제공할 수 없는 한계가 있다. 따라서, 단순한 서술형 웹 페이지에서 벗어나 수식의 계산이나 검색, 수정, 재사용이 가능하고 상호작용을 할 수 있는 역동적인 대화식 학습 시스템이 필요성이 부각되고 있다.

본 논문에서는 기존의 이러한 문제점들을 해결하고 교육현장에서 직접 활용할 수 있도록 MathML(Mathematical Markup Language)[3]을 활용한 이차방정식의 대화식 학습시스템을 설계하고 구현한다. 제안 시스템의 궁극적인 목적은 수학의 기본인 수식을 처리하는 계산력을 향상시키기 위하여 이차방정식을 풀면서 수학에 대한 두려움을 줄이고 수학을 더욱 친근하게 하여 수학에 대한 이해와 흥미를 높이고 창의력을 신장시키는 것이다.

이를 위하여 제안 시스템은 MathML을 활용하여 반복학습, 개인교수, 시뮬레이션의 복합형 형태로 설계되었으며 서술형 웹 페이지에서 그냥 보기만 하거나 단순히 클릭만 하는 단순한 상호작용이 일어나는 기존의 학습시스템과 달리 학습자가 직접 수식을 입력한 뒤 표현되는 수식을 보며 수식을 구조화 하는 능력을 키우고 여러 가지 기본적인 연산을 수행하여 대수적인 사고력을 길러주며 그 과정에서 시스템과 활발한 상호작용을 할 수 있도록 하였

다. 또한, 학생들의 흥미를 유발시킬 수 있도록 하기위하여 학생들이 수학 활동에 참여하도록 하는 이벤트를 제공하며, 학습의 결과를 다음 학습의 진행에 반영하여 평가문제가 구성되고 그 평가결과에 따라 학습자 레벨을 관리하는 대화식 시스템으로 설계되었다. 따라서 제안 시스템은 수학 학습을 촉진하는데 필요한 계산력의 향상을 가져올 것이며, 수식의 구조를 분석하는 사고를 높여 문제 해결력을 높일 수 있고, 문자와 식에 대한 두려움을 극복하여 학교 수학과 실제수학 사이를 연결해 줄 것으로 기대되며, 학교 교육현장에서 현직 교사들이 직접 활용하여 서술식 평가를 하는데 신속하고 공정한 결과를 쉽게 수행하도록 도와주어 교사들의 수고를 덜어 줄 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 웹기반 교육과 웹기반 수학교육의 개념과 동향을 분석 기술하고 MathML의 분석과 MathML을 이용하여 학습자료를 개발한 사례에 대해서 기술한다. 3장에서 MathML을 활용한 이차방정식의 대화식 학습시스템을 설계 및 구현하고 4장에는 결론 및 향후 연구방안을 제시한다.

II. 시스템 설계를 위한 기반연구

본 장에서는 웹기반 교육의 특성에 따른 교수-학습체제와 동기체제의 설계와 자기주도적 학습을 진행하도록 하는 학습시스템의 특성에 대해 살펴본다. 또 수식의 표현이 필요한 수학교육에서 대화식 학습 시스템 개발을 위한 연구를 위하여 웹기반 수학교육의 특성과 7차 교육과정에서 수학교육의 역할을 살펴보고 관련 연구인 MathML의 기본 개념과 MathML을 이용한 사례를 연구하여 MathML을 활용한 이차방정식의 대화식 학습시스템을 설계를 위한 기반을 연구한다.

2.1 웹기반 교육과 웹기반 수학교육

웹을 이용한 블렌디드 e-러닝[4]이란 기존의 온라인교육, 사이버교육(가상교육), 웹 기반교육 등의 e-러닝과 개별학습, 모듈학습, 일체학습 등의 교실수업(집합수업) 일체를 포함한 교수-학습활동을 총체적으로 기획하여 진행하는 교육활동이다. e-러닝은 초기에는 문자와 이메일 위주의 보조학습으로 시작하였으나 점차 문자, 그림, 컴퓨터 컨퍼런싱, 전자칠판, 동영상, 음성 등의 도구를 이용한 사이버형으로 변하여 차세대에는 쌍방향통신, 다자간 동시학습과 무선인터넷학습이라는 Blended Learning으로 발전할 전망이다.

웹 기반 교수-학습체제는 기존 교육 체제에 비하여 학습자의 자율적이고

독립적인 학습 관리를 요구하기 때문에 학습을 지원하는 동기 체제의 설계가 매우 중요하여 학습동기의 지속적 유지가 곧바로 학습 과정의 참여와 학습 결과로 연결되기 때문에 그 부분에 대한 명시적 설계가 요구되고 있다[5].

학습자의 주도적인 참여와 의미 있는 학습을 지원하기 위한 웹 기반 교육의 상호작용 설계에는 다음과 같이 크게 세 가지의 이론적 틀[2]이 포함된다. 첫째, CAI(Computer-Assisted Instruction), 교육용 멀티미디어, 하이퍼미디어의 컴퓨터기반 교육용 프로그램의 상호작용 설계를 위한 전통적인 이론적 아이디어들이 웹 기반 교육의 상호작용의 설계에도 대체로 적용될 수 있다는 전통적인 이론적 틀이다. 둘째, 컴퓨터 기반의 네트워크에 의한 교육요소를 포함하는 원격교육의 상호작용 설계요소를 포함하게 한다. 셋째, 웹 자체의 특성을 반영할 수 있는 상호작용 설계에 관한 이론적 틀이 있다.

웹 기반 학습 환경에서의 자기주도적 학습은 학생 스스로가 웹에서 자료를 찾아 이를 학습에 활용할 수 있는 능력과 학습동기의 유지가 필요하다. 개개인의 능력에 맞는 과제를 선정하거나 필요한 주제를 탐구하는 학습은 학생의 흥미와 요구를 최대한 반영함으로써 학습에 대한 계획과 실천력을 기르고, 자기 학습에 대한 성취감과 만족감을 느끼게 할 수 있는 가장 효과적인 방법이 될 수 있으며 지식정보화사회에 맞는 학습자 중심의 문제해결력 신장 방안이 될 것이다.

웹기반 수학교육은 컴퓨터를 기본 매체로 하는 것이기 때문에 추상적인 내용을 시각화하여 지도할 수 있을 뿐만 아니라, 형식적인 증명이나 개념학습의 앞 단계에서 그래픽이나 애니메이션, 시뮬레이션을 통한 직관적·탐구적 활동은 수학의 역동적이고 발생적인 측면을 부각시킬 수 있다. 또한, 산술적인 계산뿐만 아니라 대수적 문자식의 변환도 신속히 처리할 수 있게 됨으로써 수학교육을 지금까지의 계산위주에서 사고력 중심으로 옮겨 갈 수 있게 되었다. 이에 따라 교육현장에 새로운 수업 매체 활용을 통한 교육 공학적 접근 방법이 소개되고 그 효과가 증명되어 교수 학습 방법 개선에 대한 의지가 높아지고 있다.

제 7차 교육과정이 흔히 '수준별 교육 과정'으로 별칭 되는 것처럼 수학교육에서도 수준별 교육이 이루어지고 있다. 자기주도적인 학습을 할 수 있는 웹기반의 학습시스템을 통하여 학습자의 학습 능력 수준과 요구에 대응하는 상호 작용이 일어날 수 있도록 단계별·수준별 교육을 제공할 수 있다는 점이 단계형 수준별 교육과정인 수학교육에 아주 적합하다. 수학에서의 문제해결은 구체적인 문제를 수학적인 문제로 구성하고 이것을 수학적인 처리를 하여 수학적으로 해결하고 그 결과를 구체적으로 해석하는 개념과 기능을 포함하는 것이라 할 수 있다. 이 때 학습자는 수식의 처리가 문제해결의 핵심이 되는 것을 인지하고 정확한 수식처리의 방안을 연구하고 학습하게 된다.

따라서, 웹기반 수학교육시스템은 이러한 동기를 잘 유지하며 흥미롭게 학습을 이끌어 갈 수 있도록 교육내용 설계와 상호작용 설계를 하는 것이 웹기반 학습시스템의 구축에 가장 바람직하다고 볼 수 있다.

2.2 MathML 및 이용 사례 연구

웹에서의 수식표현을 위한 MathML의 특징과 수학적인 내용이나 표현을 다루는 구체적 방법과 이를 이용한 사례를 연구하여 기술한다.

2.2.1 MathML

수학식 표현을 위하여 확장 가능한 마크업 언어의 필요성에 따라 W3C의 MWG에서는 XML의 애플리케이션인 MathML을 제안하였다. HTML과 이미지파일을 이용한 기존 웹에서의 수식은 표현과 인코딩에 있어서 문제점이 있다. 텍스트의 크기가 커지거나 작아지면 수식을 표현하는 이미지와 텍스트간의 균형이 깨어진다는 것이며 수식을 검색하고 재사용하고자 할 때 사용할 수 있는 유용한 도구가 없고, 특정 표현을 잘라 붙이는 것과 같은 과정이 매우 귀찮거나 복잡하고 불가능하다는 것이다. MathML은 위와 같은 웹에서의 수학적 표현의 한계를 극복하기 위해 만들어진 XML의 응용분야로서 컴퓨터 통신에 있어 수학적인 내용이나 표기를 다루는 방법에 대한 저수준 포맷으로 웹에서 수식을 표현하고, 처리, 공유하는데 필요한 많은 해결책을 제공하는 마크업 언어이다.

MathML은 마크업 형태로 수식을 표현하기 때문에 문서의 글자 크기를 수정하면서 같은 소스코드 내에서 수식의 크기를 조절하거나 수식 자체의 내용을 수정할 수 있도록 해 준다.

1) 표현 방법

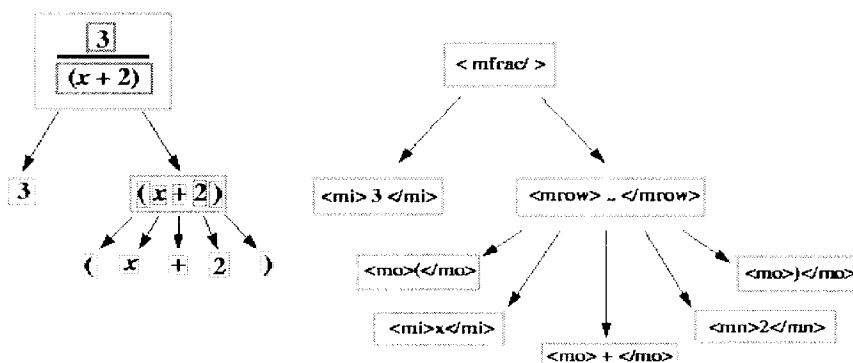
수식을 전달하기 위해서 사용할 수 있는 방법은 수식의 모양을 보이는 대로 설명하는 방법과 그것의 의미를 전달하는 두 가지 방법이 있을 수 있다. MathML에서는 두 가지 방법을 모두 사용하고 있다. 첫 번째 방법은 수식의 표현에 중점을 둔 표현 마크업(presentation markup)[6]이고, 두 번째 방법은 수식이 가지고 있는 의미를 전달하는 내용 마크업(content markup)[7]이다. 내용 마크업은 수식의 의미를 표현하기 때문에 다른 응용프로그램에 그 의미를 전달할 수 있다. 사용자는 상황이나 목적에 맞게 두 가지 방법 중 하나를 선택하여 사용하거나 두 가지 방법을 적절히 섞어서 사용할 수도 있다.

일반적으로 수식은 여러 가지의 수와 부호가 모여 하나의 수식을 구성한다. 수식을 위한 수학적 기호와 숫자들은 상당히 많지만 그것들을 배열하는 방법은 몇 가지로 유형을 정할 수 있다. 이러한 것들은 중첩되어 나타나기도 하고 문맥에 따라 변수의 개수도 달라질 수 있지만 중요한 것은 복잡하고 중첩된 표현도 단순한 몇 개의 스키마 계층 구조로 표현될 수 있다는 것이다.

$\frac{3}{(x+2)}$ 과 같은 분수를 사용한 수식은 3과 $(x+2)$ 로 나누어질 수 있다.

그리고 $(x+2)$ 는 $\frac{3}{(x+2)}$ 의 하위표현으로 볼 수 있는데 이것 역시 괄호와 $x+2$ 로 나누어질 수 있다. $x+2$ 도 x , $+$, 2 와 같이 나누어질 수 있다. 이러한 작업은 더 이상 나누어지지 않을 때까지 계속된다. MathML은 위와 같은 방법으로 만들어진 수식 트리를 이용하여 인코딩 한다.

[그림 1]은 수식의 구조로부터 만들어진 MathML 수식 트리를 보여준다.



[그림 1] MathML 수식 트리

2) 표현 마크업

MathML 표현 마크업은 레이아웃 박스 개념을 기초로 만들어졌다. 분수를 나타내는 box는 두 개의 자식 박스들을 가지고 있다. [그림 2]는 수식 $\frac{3}{(x+2)}$ 의 레이아웃 박스를 나타낸다.

$$\frac{3}{(x+2)}$$

[그림 2] 수식의 레이아웃 박스

표현 마크업 요소들은 이와 같은 레이아웃 박스들을 기술하기 위한 것들로

구성되어 있고, 각 요소들은 하위 요소들이 어떻게 논리적으로 연결되는지를 설명해 주는 일반적 레이아웃을 가진다.

$\frac{3}{(x+2)}$ 을 위한 MathML 표현 마크업은 다음과 같다.

```

<mfrac>
  <mi>3</mi>
  <mrow>
    <mo>(</mo>
    <mi>x</mi>
    <mo>+</mo>
    <mn>2</mn>
    <mo>)</mo>
  </mrow>
</mfrac>

```

[그림 3] $\frac{3}{(x+2)}$ 을 위한 MathML 표현 마크업

MathML에서는 이 식의 최상위 구조인 분수표현을 `<mfrac></mfrac>` 태그를 이용하여 표현한다. 그리고 그것의 첫 번째 하위표현인 분자 2에는 `<mi>` 식별자를 사용하고 두 번째 하위표현인 분모 $(x+2)$ 에는 `<mrow>` 태그를 사용한다. 이와 같은 하위표현들은 `<mfrac>`와 `</mfrac>` 안에 중첩된 형태로 사용되어야 한다. `<mrow>`도 하위표현을 가지고 있는데 식별자로서의 `<mi>`와 수로서의 `<mn>`과 연산자로서의 `<mo>`가 그것들이다.

표현 마크업에는 30개의 요소와 약 50개의 속성이 있다. MathML 표현 요소에서 가장 공통적으로 사용되는 것들은 `mi`, `mn` 그리고 `mo`와 같은 토글 요소들이다. 이들은 직접적으로 문자 데이터를 포함할 수 있으며 식별자, 연산

자 그리고 숫자들이 각각의 요소에 둘러싸여 나타나야 한다.

[표 1]은 표현 마크업에서 토큰 요소들을 보여준다.

[표 1] 표현 마크업에서의 토큰 요소

<code><mi></code>	identifier
<code><mn></code>	number
<code><mo></code>	operator, fence, or separator
<code><mtext></code>	text
<code><mspace/></code>	space
<code><ms></code>	string literal
<code><mglyph></code>	for using non-standard character glyphs (MathML 2.0)

토큰 요소를 이용하면 개별적인 숫자와 기호들을 표시할 수 있다. 그러나 수식표현을 위해서는 이것들을 배열하는 방법이 있어야 한다. 이를 위한 것이 일반적 레이아웃 요소들이다.

[표 2]는 표현 마크업에서 일반적 레이아웃 요소들을 보여 준다.

[표 2] 표현 마크업에서의 일반적 레이아웃 요소

<code><mrow></code>	group any number of subexpressions horizontally
<code><mfrac></code>	form a fraction from two subexpressions
<code><msqrt></code>	form a square root sign (radical without an index)
<code><mroot></code>	form a radical with specified index
<code><mstyle></code>	style change
<code><merror></code>	enclose a syntax error message from a preprocessor
<code><mpadded></code>	adjust space around content
<code><mphantom></code>	make content invisible but preserve its size
<code><mfenced></code>	surround content with a pair of fences
<code><menclose></code>	enclose content with a stretching symbol such as a long division sign (MathML 2.0)

수식 표현에 있어서 첨자는 사용 위치나 필요한 개수에 따라 다양한 형태로 사용된다. MathML은 `<msub>`, `<msup>`, `<msubsup>`, `<munder>`, `<mover>`, `<munderover>`, `<mmultiscripts>`의 7가지 각기 다른 첨자 사용 형태를 포함하고 있다.

MathML의 표는 HTML에서의 표와 아주 유사하다. 그리고 수학적 표현을 보다 더 정확하게 할 수 있도록 많은 속성을 가지고 있다. 이는 행렬과 연립방정식 등과 같은 수식 표현에서 사용될 수 있다. `<mtable>`, `<mtr>`, `<mtd>`, `<maligngroup>`, `<malignmark>`, `<mlabeledtr>`의 6가지 각기 다른 표현이 있다.

3) 내용 마크업

MathML 내용 마크업은 전위표기법을 사용한다. 이는 중위표기법을 사용할 경우에는 $\frac{x-y}{2}$ 와 $x - \frac{y}{2}$ 를 구별하기 위해 반드시 괄호를 사용해야 하지만 전위표기법을 사용하는 MathML에서는 다음처럼 괄호를 사용하지 않아도 된다. [그림 4]와 [그림 5]는 $\frac{x-y}{2}$ 와 $x - \frac{y}{2}$ 의 내용 마크업의 사용 예를 보여준다.

```

<apply>
  <divide/>
    <apply>
      <minus/>
        <ci>x</ci>
        <ci>y</ci>
      </apply>
      <cn>2</cn>
    </apply>

```

[그림 4] $\frac{x-y}{2}$ 의 내용 마크업

```

<apply>
  <minus/>
    <ci>x</ci>
    <apply>
      <divide/>
        <ci>y</ci>
        <cn>2</cn>
      </apply>
    </apply>

```

[그림 5] $x - \frac{y}{2}$ 의 내용 마크업

내용 마크업은 <plus/>와 같은 빈 요소를 사용하는 것을 제외하고는 표현 마크업과 같은 문법을 사용한다. 대부분의 내용 마크업 요소들은 연산이나 수학적인 데이터 타입을 표시한다. <apply> 요소는 이와 같은 연산들과 변수들을 그룹화 하는 역할을 한다. <apply> 요소의 첫 하위요소는 연산자가 되어야 하고 나머지 하위요소들은 그 연산자에 대한 변수들이 되어야 한다. MathML에서 연산과 함수들은 대부분 <cos/>, <intersect/>과 같이 빈 요소

들로 표시된다.

내용 마크업에는 약 12개 정도의 속성을 가진 100여 개의 요소들이 있다. 또한 약 90개의 빈 연산자 요소들이 있다. 이들은 보편적인 함수와 연산들을 표시하는데 그 특징에 따라 살펴보면 먼저 토큰요소로 내용 마크업에서 가장 보편적인 요소로 $\langle cn \rangle$, $\langle ci \rangle$ 이 있다. 이들은 각각 수와 식별자를 표시한다. 함수와 연산들은 요소에 의해 표시되고 새로운 기호, 연산, 함수의 정의를 위하여 $\langle csymbol \rangle$ 토큰이 사용될 수도 있다. 기본 내용을 나타내는 기본 내용 요소가 있고, 지수함수나 로그함수, 그리고 삼각함수와 같은 기본함수 구조의 수학적 대상이나 데이터 타입을 나타내는 기초적 기본 함수가 있다. 극한이나 미분, 적분과 같은 수식에서 상황에 맞게 필요한 변수를 표현하기 위하여 한정자 요소(qualifier element)인 $\langle lowlimit \rangle$, $\langle uplimit \rangle$, $\langle degree \rangle$ 를 사용하는 계산 요소가 있고, 산술, 대수, 논리적 내용 요소, 관계 요소, 수열과 급수 요소, 통계 요소, 집합 요소, 선형대수 요소, Semantic Mapping Elements, Constant and Symbol Elements가 있다.

W3C에서는 현재 MathML Version 2.0 (Second Edition)을 발표하였고, MathML을 지원하기 위한 Amaya 브라우저와 그 외 다양한 개발도구들을 소개하고 있다.

2.2.2 MathML의 활용과 지원

수식에 대한 MathML코드를 하나하나 손으로 표현하는 것은 작업이 복잡하므로 수식을 WebEQ[8]로 입력하여 MathML코드로 변환하여 저장하면 된

다. 기본적인 교수·학습자료는 XML을 이용하여 표현하고 수식부분은 MathML을 활용하는 방법으로 전체적인 문서는 XML형식이 된다. MathML은 XML의 서브셋으로 데이터의 재사용, 애플리케이션간의 데이터교환, 웹 문서 사이에 다양한 링크 기능이 가능한 XML이 가지고 있는 장점[9]을 MathML에서도 그대로 사용할 수 있으며 모든 수준이 통합되어 있는 기본 문서에서 단계별 수준별로 필요한 부분만을 추출하여 제공해 줄 수 있다. XML의 문서구조는 논리적으로 계층화되어 있어서 컴퓨터나 사용자가 읽기가 쉽다. 현재 몇몇 브라우저들이 MathML에 대한 있는 그대로의 순수한 지원을 하고 있지만, 어떤 브라우저도 MathML의 내용 부분을 지원하고 있지는 않다. 그러나 Mozilla와 Amaya는 표현 MathML에 대한 좋은 지원을 하고 있고, 다른 브라우저들의 MathML 표현을 원활하게 할 수 있도록 많은 도움들을 주고 있다. 그 중 특히 Design Science의 WebEQ와 MathPlayer 그리고 IBM의 Techexplorer가 대표적이다.

웹페이지에서 MathML을 표현하기 위해 특별히 지원되는 기능(a third party extension)을 사용할 때 핵심이 되는 단점은 표현(rendering)을 위해 특별한 마크업이 필요하다는 것이다. 이러한 도구들이 웹에 있는 정보들을 접근할 수 있도록 표현하려는 이상적인 개념에도 불구하고, 이런 마크업의 사용은 어떤 특정한 플랫폼에 문서를 제한하는 것이다.

이와 같은 단점들을 피하기 위한 것과 문서 안에 특정 브라우저에 맞는 마크업 없이 모든 브라우저들에 표현되기 위한 XHTML과 MathML 권고안을 지키는 XML 파일들을 받아들이기 위한 XSLT 변환 언어 사용 방법을 제시한다. 문서에는 여기에서 설명된 스타일시트를 연결하는 간단한 소개만 해주면 된다. 이 스타일시트는 제공된 XML파일을 현재 브라우저에 MathML을

표현하기 위해 필요한 모든 마크업들을 추가하면서 변환하고 결과 문서를 브라우저에 전해 준다. 그러므로 브라우저는 XSLT 변환을 지원해야 한다. 즉 가능한 새 버전의 브라우저가 요구된다. 현재 인터넷익스플로러, Netscape 과 Mozilla의 현재 버전들은 모두 XSLT를 지원하고 있어 별 문제가 없다. 그래서 XSLT 지원이 일반적이지는 않을 지라도, 상당수의 데스크탑 브라우저들에서 가능할 것이다.

이 스타일시트들을 사용하기 위해서는 문서에 mathml.xml을 연결해 주기 위하여 <html>태그 시작하기 전에 연결태그를 추가 하는 것이 필요하다.

스타일시트인 mathml.xml는 내용 요소들이 포함된 MathML을 담고 있는 문서들을 표현할 것이다. 만약 문서가 내용 MathML을 포함하지 않는다면, 좀더 간단한 스타일시트 pmathml.xml를 연결하면 된다[14].

이것은 내용 MathML을 어떤 플랫폼들에서 내용 MathML을 표현하기 위해 요구되는 표현 MathML로 변환할 때 필요한 XSLT의 로딩을 피할 수 있다는 것을 의미한다.

이것은 대부분의 경우들에 작동할 것이다. 하지만 인터넷익스플로러에서는 보안에 관한 이유들 때문에 XHTML+MathML의 문서와 같은 서버에 위치하지 않는 XSLT 스타일시트는 적용되지 않을 것이다.

기본적으로 인터넷익스플로러는 XSLT 스타일시트들이 문서와 같은 서버에 존재하지 않는다면 문서에 적용되는 것을 허용하지 않는다. 그러므로 대신에 스타일시트들을 문서와 같은 서버에 복사해 놓는 것이 필요하다. 그리고 mathml.xml, pmathml.xml, ctop.xml 그리고 pmathmlcss.xml 파일들의 복사본이 문서와 함께 존재해야 한다.

일반적으로 스타일시트는 알맞은 MathML 표시기(renderer)를 사용하기 위

해 입력 문서를 변환할 것이다. 알맞은 MathML 표시기는 사용하는 브라우저와 스타일시트가 명시한 브라우저들에 의존한다. MathML preferences namespace로부터의 애트리뷰트(an attribute)를 입력된 문서 안에 최상위 레벨 html 엘리먼트에 추가함으로써 이루어진다.

인터넷익스플로러에서 Techexplorer 나 MathPlayer 가 선택되어지는 대신에 “css” 렌더링(rendering)이 사용된다는 것이다.

현재 스타일시트들과 문서는 계속 발전하고 있다. pmathml-css스타일시트에서 자바스크립트 코드는 현재 잘 작동하지만 강력하지 않다.[15]

이것은 Mozilla와 Netscape의 no-MathML builds에 차선택을 주기 위한 JavaScript/CSS 코드를 인터넷익스플로러에서 Netscape으로 전환하는 것을 포함하여 더 많은 브라우저들을 위한 지원은 매우 중요하다.

현재 분배된 XSLT 스타일시트들은 표현 MathML을 위한 핵심 스타일시트로 pmathml.xsl이 있고 내용 또는 표현 MathML을 위한 핵심 스타일시트로 mathml.xsl이 있으며, 내용 MathML을 표현 MathML으로 변환해주는 스타일시트로 ctop.xsl이 있다. 그리고 표현 MathML을 XHTML + CSS + Javascript로 변환해주는 스타일 시트로 pmathmlcss.xsl와 MathML과 마찬가지로 SVG를 시험해 보기 위해 확장된 pmathml.xsl의 간단한 버전으로 인터넷익스플로러에서 Adobe SVG Behavior를 사용하는 스타일시트 svg.xsl과 XSLT 스타일시트들을 HTML로 표시하기 위한 스타일시트로 xsldoc.xsl이 있다.

2.3 MathML을 이용한 사례연구

수학교과의 교수-학습 자료 개발을 위해 MathML을 활용한 사례로는 MathML을 이용한 중학교 수학문제 유형별 풀이 저작도구 설계 및 구현[10]은 수학문제를 유형별로 편집 저장할 수 있게 되어 있으며 편리하게 문제와 풀이과정을 입력할 수 있는 장점이 있는 좋은 저작도구라 할 수 있으나 Amaya 브라우저를 기본 창으로 사용하여 범용브라우저에서는 기능을 살릴 수 없고 문제를 해결하는 것보다 풀이과정을 볼 수만 있는 형태이기 때문에 학습시스템으로서는 학습자와의 상호작용이 부족하다 할 수 있다.

MathML을 이용한 수학교과 ICT활용 교육 개선방안[11]은 MathML을 이용해 수식개념의 시각화와 수식의 연산을 반복 연습할 수 있게 하였고 이를 브라우저에 표현할 수 있도록 개발된 WebEQ를 이용하여 수식지원 게시판을 구현하여 교수 학습자, 학습자 학습자의 상호작용을 통한 수식의 정보교환이 가능하게 하였으나 시스템과의 적극적인 상호작용이 이루어지지 않고 학습자의 동기유지를 지속시키기가 미흡하다 할 수 있다.

MathML에 기반한 수학적 생성 웹사이트의 설계 및 구현[12]은 ActiveX 컨트롤 기술을 이용하여 MathML의 구조를 따르는 수학적 생성 프로그램을 웹 브라우저에 통합시켜 응용프로그램으로 관리되는 데이터가 웹 페이지에서 접속될 수 있도록 하여 전문 수학 편집 프로그램을 설치하지 않고도 웹에서 수학적 생성을 가능하게 하였고 생성된 트리구조의 수학적식을 저장하여 재 사용할 수 있게 하였다.

수학교과 수준별 교수 학습 자료에서 MathML과 XSLT의 활용[13]은

MathML과 XSLT를 활용하여 문단이나 문제 단위로 수준을 부여할 수 있도록 하여 더욱 세밀한 수준별 교수-학습 자료의 작성이 가능하게 하였다.

그러나 기존연구는 Amaya 브라우저를 기본 창으로 사용하여 범용브라우저에서는 기능을 살릴 수 없는 단점이 있으며, 문제를 해결하는 것보다 풀이과정을 볼 수만 있는 형태로 이루어져 학습자의 동기유발과 동기유지가 미흡하고, 학습자와 시스템과의 적극적인 상호작용이 부족하여 학습시스템으로서는 취약성이 있다.

그러므로 추구해야 될 시스템은 MathML을 이용한 단순한 수식의 표현에 그치지 않고 XML의 서브셋으로서 가지는 MathML의 장점인 검색과 재사용을 활용하여 학습자와 시스템과의 적극적인 상호작용을 일으키며 학습자의 동기유지를 지속시켜 자기주도적인 학습이 이루어 질 수 있는 시스템의 설계가 요구된다.

Ⅲ. MathML을 활용한 이차방정식의 대화식 학습 시스템의 설계 및 구현

수학교과는 계열성이 뚜렷한 단계형·수준별 교육과정이며 동시에 심화보충형의 성격을 가지고 있다. 이는 한번 생성된 학습결손이나 이해의 부족은 다음 단계의 학습에 흥미의 감소를 가져오며 근원적으로 다음단계로 나아가는데 장애가 된다는 것을 의미한다.

본 장에서는 MathML을 활용하여 개발된 자료를 바탕으로, 시각적으로 수식을 확인하면서 수학식의 논리적 전개가 가능하도록 하며 이에 시스템이 반응하여 관리하는 상호작용으로 학습동기와 흥미를 지속시키고 성취감을 바로 심어주는 대화식 학습 시스템을 설계 및 구현한다.

3.1 시스템 설계

시스템을 설계하기 위하여 필요한 테이블을 설계하여 데이터베이스를 구축하고 사용자 모듈별 접속환경과 학습내용 및 메뉴를 설계한다.

3.1.1 시스템 테이블 설계

제안 학습 시스템은 크게 교사모듈, 학생모듈로 나누어 그 역할과 지원되는

서비스를 구분지어 구성되며 교사모듈은 교사의 개인정보 변경, 평가 문제, 학생 관리의 기능으로 구성되고 학생모듈은 학생 개인정보 변경, 조회, 세션 점수, 학습 진도, 학습 수준, 정보 검색의 기능으로 구성된다. 이에 따라 교사 계정과 학생 계정에 따라 로그인을 하게 되면 각각 다른 메인 화면으로 전환하게 되어 교사 모듈에는 학생의 접근이 허용되지 않도록 설계되어 있으며 사용자(학생)의 로그인 정보를 조회하고 필요시 수정할 수 있는 기능을 제공한다. 개인 정보 Form을 이용해서 입력된 정보들은 DB의 사용자 정보 테이블(members)에 저장된다. 이를 위하여 사용자 정보 테이블은 사용자들의 기본정보(사용자 모듈, 로그인ID, 비밀번호, 이름, 주민등록번호, 전자우편, 전화번호, 우편번호, 주소, 학번, 세션 점수, 학습 진도, 학습 수준 등)를 저장하도록 구성한다. 회원가입을 Form을 이용해서 입력을 받을 때 우편번호를 검색하여 1차 주소가 입력되도록 우편번호 테이블(zipcode)을 이용한다. 이를 위하여 우편번호 테이블은 각 지역의 기본자료(우편번호, 도(도시), 군(구), 읍면(동), 주소)로 구성된다. 또한, 교사 모듈에서 평가문제를 만들어 학생에게 제공하기 위하여 평가 문제의 테이블(problem)을 이용한다. 평가문제 테이블에는 문제의 정보(문제, 정답, 점수, 정답률)로 구성한다. 학습자와 관리자, 학습자와 학습자의 상호작용을 위하여 답변형 게시판의 개설을 위하여 게시판의 테이블(board)이 필요하다. 게시판의 테이블에는 게시물의 정보(글번호, 그룹번호, 작성자의 이름, 이메일, 홈페이지, 제목, 내용, 등록날짜, 암호, 첨부파일 이름, 조회수)를 저장하도록 구성된다. 모든 사용자 모듈에서 수행된 작업은 데이터베이스내의 사용자 정보 테이블에 저장된다.

[표 3]은 교사와 학생의 개인 정보가 저장되는 사용자 정보 테이블을 나타낸다.

[표 3] 사용자 정보 테이블(교사,학생, 테이블명 : members)

번 호	필드명	설 명
1	seq	번호
2	u_group	모듈 구분
3	id	아이디
4	passwd	비밀번호
5	name	이름
6	mem_num1	앞_주민번호
7	mem_num1	뒤_주민번호
8	email	전자우편
9	phone	전화번호
10	cellphone	핸드폰
11	zipcode	우편번호
12	address	주소
13	classnum	학번
14	s_score	세션점수
15	grade	학습진도
16	level	학습수준

[표 4]는 우편번호와 주소가 저장된 우편번호 테이블을 나타낸다.

[표 4] 우편번호 테이블(테이블명 : zipcode)

번호	필드명	설명
1	zipcode	우편번호
2	area1	도 또는 도시
3	area2	군 또는 시
4	area3	읍면 또는 동
5	area4	주소

[표 5]는 평가문제를 제공하고 관리하기 위한 평가문제 테이블을 나타낸다.

[표 5] 게시판 테이블(테이블명 : board)

번호	필드명	설명
1	p_num	번호
2	p_subject	단원의 위치 분류
3	p_pass	난이도
4	p_exam	문제
5	p_sol	정답
6	b_score	배점
7	pass_ratio	정답률

[표 6]은 게시판의 글 올리기와 답변을 하기 위한 게시판 테이블을 나타낸다.

[표 6] 게시판 테이블(테이블명 : board)

번호	필드명	설명
1	num	글 번호
2	g_pos	그룹 번호
3	name	작성자 이름
4	depth	답변의 단계
5	email	작성자 이메일
6	homepage	작성자 홈페이지
7	tx_title	게시물 제목
8	content	게시물 내용
9	regdate	등록 날짜
10	pass	작성자 수정 암호
11	filename	첨부파일 이름
12	count	조회수

3.1.2 학습단원 선정과 시스템 구성

시스템내의 학습단원 선정의 이유와 효과적인 학습을 위한 시스템이 갖추어야 될 구성요소를 살펴본다.

1) 학습단원 선정의 이유

수학적 개념을 나타내는 수식은 어떤 특정한 목적을 위해 변형되거나 연산이 이루어져야 하는데, 이런 연산은 학생들이 완전한 개념을 형성하기 전까지는 반복하여 연습할 것을 요구 한다[6]. 수학은 학습자가 직접 생각해야만 하거나 충분히 연습해야만 습득되는 부분이 많은데 특히, 이차방정식 부분이 직접 생각하고 충분히 연습해야 하는 단위이므로 이차방정식 단원은 수학교과 특성상 완전학습이 되지 못해 학습결손이 생길 경우 중학교 3학년 9가, 9나의 전 과정에 걸쳐 학습부진을 나타내는 가장 근본적인 원인을 제공한다. 따라서, 이차방정식 단원은 식의 계산 단위에서 익힌 다항식의 곱셈과 인수분해를 이용하여 이차 방정식을 풀면서 식의 개념과 계산의 개념에 대한 이해를 확실하게 하고 나아가 문제해결력을 길러주는 중요한 단위이라 할 수 있으므로 본 논문에서는 이차방정식을 위한 학습 시스템을 설계 및 구현한다.

2) 시스템의 학습소단원 구성

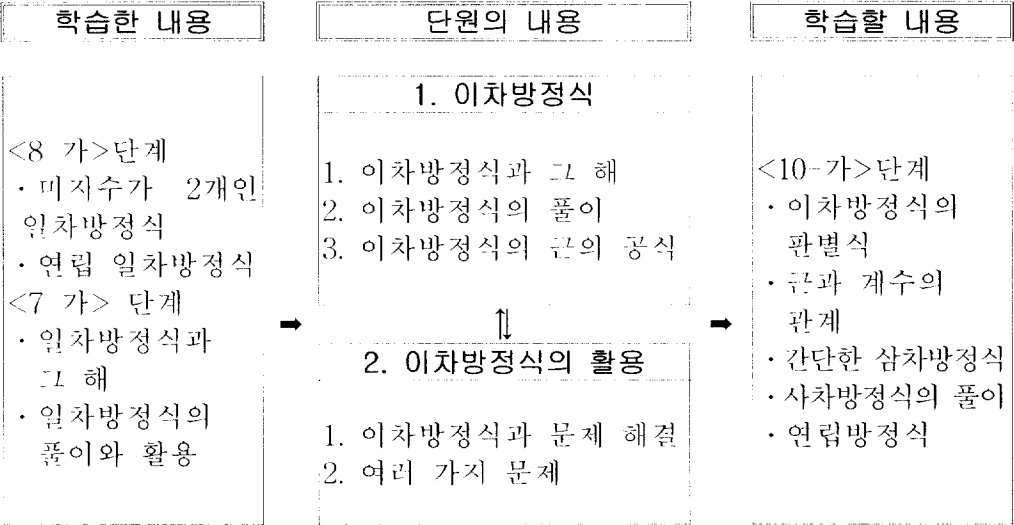
제안 시스템에서는 학생의 학습 진행을 위한 학습소단원을 다음과 같이 4

단계로 구성하여 학습이 이루어지도록 한다. 첫 번째로 학습목표에서 학습소단원내의 학습목표를 안내한다. 두 번째의 학습내용에서는 수식의 반복적 연습과 계산을 통한 수학적 사고력과 논리체계의 확립을 도와주도록 각 소단원의 기본 학습내용을 구성한다. 셋째, 따라하기를 두어 시스템이 요구하는 대로 학습자가 스스로 수식을 입력하여 MathML에 의하여 전개되는 수식을 보면서 시스템과 상호작용을 하면서 수학적 논리의 흐름을 느끼게 하고 시스템이 반복학습과 앞으로의 학습 진행을 유도하여 학습자에게 정확한 계산이 숙지되도록 하며, 따라하기의 포인트를 이용하여 평가문제를 단계별 수준별로 풀도록 하여 점수를 부여하여 성취감과 만족감을 주어 방과 후에 가정의 컴퓨터를 이용하여 개별적으로 반복 연습을 통해 자기주도적 학습이 되도록 유도한다. 넷째, 평가문제에서 학습 후에 스스로 평가문제를 단계별·수준별로 실시해 볼 수 있도록 하고, 수업시간에는 컴퓨터실을 이용하여 각 학생의 계정으로 로그인하여 평가에서 획득한 점수로 서술형의 수행평가가 이루어질 수 있도록 한다.

그리고, 제안 시스템에서는 학습 동기를 유지하면서 수준별 학습이 이루어지기 위한 전략의 하나로 로그인 한 학습자를 초보, 보통, 수재, 영재, 박사의 5단계 레벨로 분류하여 현재의 인증된 레벨을 학습자에게 알려주고 그에 맞는 학습을 할 수 있게 하였으며 로그인 된 회원의 접속한 세션별 점수를 관리하는 방법으로 각 단계에 포인트를 두어 레벨을 조정하며 인증 받도록 구성함으로써 성취감을 느낄 수 있도록 한다.

3.1.3 학습내용 계통 및 학습목표

학습내용 선계를 위한 이차방정식 단원의 계통과 각 단원에 대한 학습내용의 구성을 살펴보면 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 단원의 계통

본 단원에서의 단원 내용에 따른 학습목표를 살펴보면 다음과 같다.

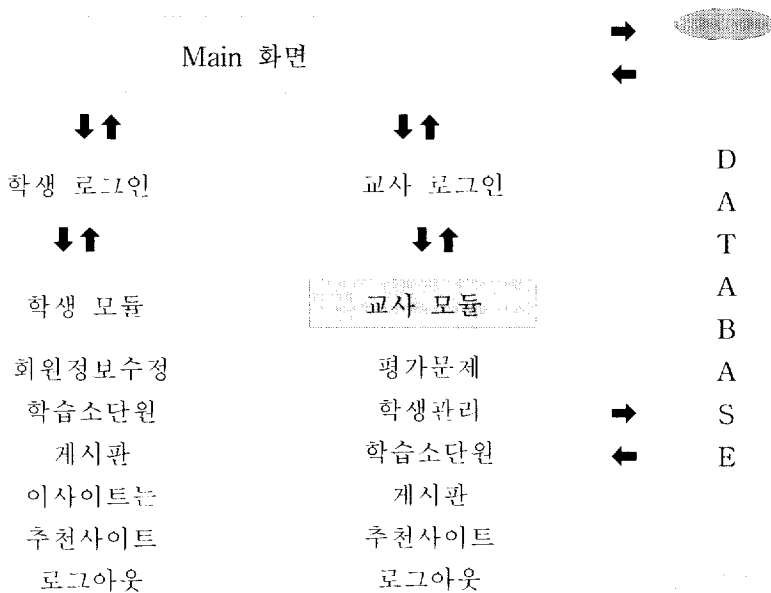
이차방정식과 그 해에서는 ‘이차방정식과 이차방정식의 근 또는 해의 뜻을 이해한다.’이고, 이차방정식의 풀이에서는 ‘인수분해를 이용하여 이차방정식의 해를 구하는 방법을 습득한다. 제곱근을 이용하여 이차방정식의 해를 구하는 방법을 습득한다. 완전제곱식을 이용하여 이차방정식의 해를 구하는 방법을 습득한다.’이고 이차방정식의 근의 공식에서는 ‘이차방정식의 근의 공식의 원

리를 이해하고, 근의 공식을 이용하여 이차방정식을 푸는 방법을 습득한다.’이고 이차방정식과 문제 해결에서는 ‘이차방정식을 활용하여 여러 가지 실생활 문제를 해결하는 방법을 습득한다. 이차방정식을 활용하여 도형 문제를 해결하는 방법을 습득한다. 이차방정식을 활용하여 수와 관련된 문제를 해결하는 방법을 습득한다.’이다.

학습목표를 달성하기 위하여 학습목표를 제시하고 학습요소를 제작하고 이를 학습하기 위한 메뉴를 생성하여 시스템을 구성한다.

3.1.4 시스템 전체 구성

사용자가 Main 화면으로 로그인하면 시스템은 데이터베이스의 사용자 정보를 바탕으로 학생 로그인과 교사 로그인으로 분기하여 나타내며 학생은 학습을 할 수 있도록 진행되고 교사는 시스템과 학생을 관리할 수 있도록 제공된다. [그림 7]은 시스템 전체 구성이다.

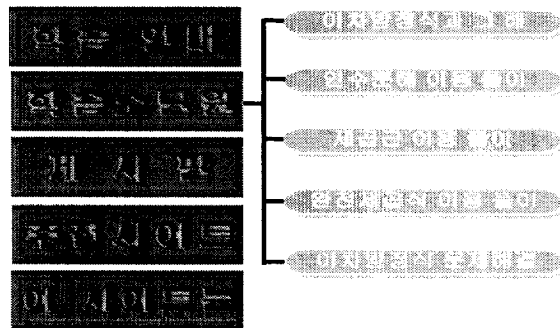


[그림 7] 시스템 전체 구성도

주어진 화면을 마우스로 단순히 클릭하면서 눈으로 훑어 지나가는 것보다 직접 생각하여 전개하고 반복계산을 통한 충분한 연습을 할 수 있도록 설계한다. 본 시스템은 단위 학습목표를 달성하기 위해서 식의 전개와 계산을 통해 이차방정식을 풀이하고 이에 따른 즉각적인 피드백을 제공하여 학습동기를 유지하며 학습할 수 있도록 설계 및 구현한다.

학습 진행을 위해 구현한 시스템의 주 메뉴에 '학습안내'에는 학습을 위한 시스템 사용법을 간단히 안내를 하고, '학습소단원'에는 단원의 내용과 학습의 단계에 맞도록 '이차방정식과 그 해', '인수분해 이용 풀이', '제곱근 이용 풀이', '완전제곱식 이용 풀이', '이차방정식 문제해결'을 두어 내용별 학습이 이루어지도록 서브 메뉴를 두었다.

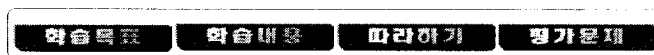
주 메뉴와 학습소단원내의 서브 메뉴 흐름은 [그림 8]과 같다.



[그림 8] 주 메뉴와 학습 소단원 서브 메뉴 소개

각 소단원 내에는 다시 서브 메뉴로 학습목표, 학습내용, 따라하기, 평가문제에 설계한 구성요소들을 배치하였다.

학습소단원내의 서브메뉴는 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 학습소단원내의 서브 메뉴

‘게시판’에는 묻고 답하기가 가능한 답변형 게시판을 두어 교수자·학습자, 학습자-학습자의 상호작용을 유도하여 사이트를 활성화하였으며 교사가 오프라인에서도 이벤트를 할 수 있는 자료를 제공하도록 하였다. ‘추천사이트’에는 수학 관련 사이트를 링크하여 수학적 호기심을 자극하여 좀 더 넓고 깊이 있는 수학 공부를 하도록 유도하였다. ‘이사이트는’에서는 시스템의 개발 배경과 활용 범위, 그리고 후기를 두었다.

3.2 시스템 구현

구현된 시스템의 서버 구현환경과 사용자의 클라이언트 환경을 기술하고 사용자별 로그인된 화면과 학습 화면들을 보여준다.

3.2.1 서버 구현환경과 클라이언트 환경

제안된 대화식 학습 시스템 구현을 위하여 Windows XP Professional 운영 체제에 Apache Tomcat 5.5 서버를 사용하였다. 데이터베이스 서버는 MySQL 4.1을 사용하였다. 수식에 사용된 언어는 MathML 2.0 Edition이고 수식의 입력을 위하여 WebEQApplet을 사용하였다. 클라이언트는 윈도우즈 98이상의 환경에서 인터넷 익스플로러 6.0 SP1이상의 웹 브라우저를 통하여 접근할 수 있도록 하였고 수식의 표현을 위하여 플러그인으로 MathPlayer를 필요로 한다.

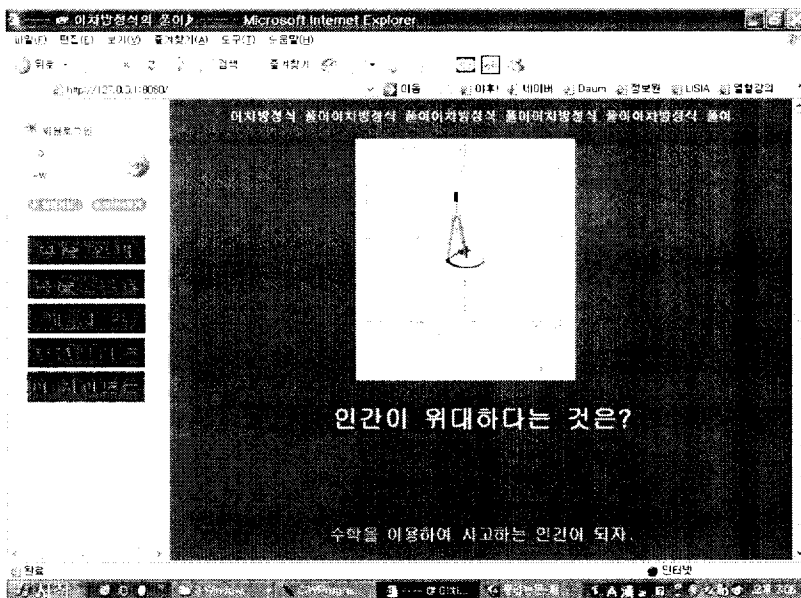
JSP를 이용하여 로그인, 회원가입, 점수관리를 하도록 프로그램을 작성하였고 JDBC를 사용하여 데이터베이스에 연결하였다. 제안된 대화식 학습 시스템 환경 및 S/W는 [표 7]과 같다.

[표 7] 시스템 구현 환경

운영체제	Microsoft Windows XP Professional
웹서버	Apache Tomcat 5.5
DB	MySQL 4.1
JAVA	JAVA : J2sdk 1.5.0_02, Java Script JSP 컨테이너 : Apache Tomcat 5.5
MathML	MathML 2.0 Edition
수식입력	WebEQApplet

3.2.2 사용자 로그인과 모듈

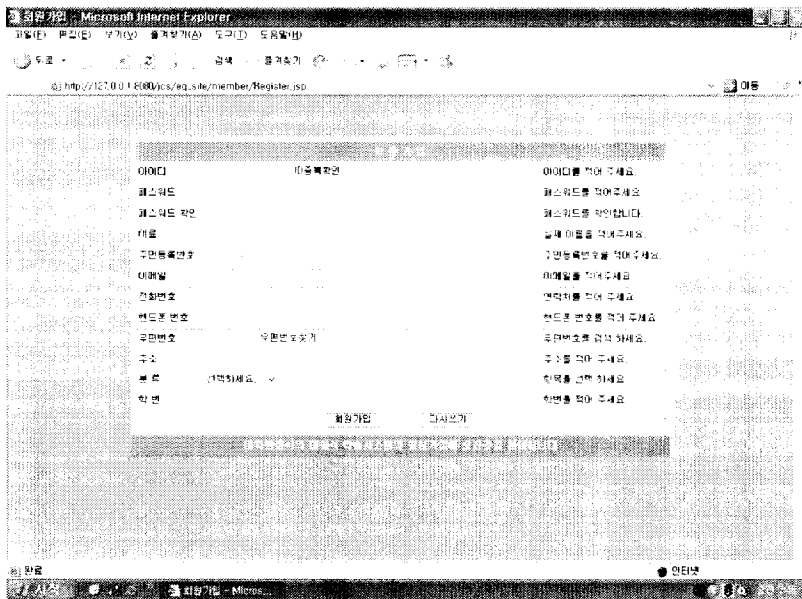
대화식 학습시스템의 초기화면을 [그림 10]과 같이 구현하여 로그인 하지 않을 경우에는 기본적인 학습내용만 제공하여 회원가입을 유도하였으며 회원가입을 클릭하면 회원가입 화면으로 전환되도록 하였다. 가입된 교사와 학생이 로그인을 하면 사용자의 모듈에 맞는 별도의 화면으로 전환 되도록 하였다.



[그림 10] 시스템 Main 초기 화면

모든 사용자는 회원 가입을 해야만 시스템을 모두 이용할 수 있도록 하였고 회원의 정보는 사용자테이블에(members) 저장한다. 회원가입을 하면 ID중복검사기능과 주민등록 인증 검사 기능 우편번호 검색 후 자동으로 주소 지

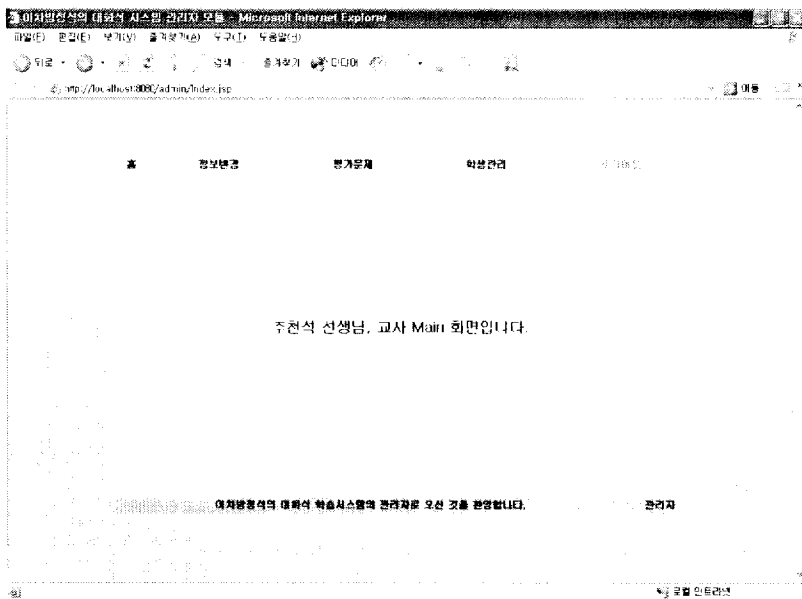
장기능을 이용하여 가입을 할 수 있다. 학생의 계정으로 로그인 했을 경우에는 세션별 점수에 따른 레벨을 관리하며 시스템에서 제공하는 학습기능을 이용할 수 있다. 학생의 로그인 정보는 회원 가입형식으로 등록해서 사용할 수 있도록 하였다. [그림11]은 회원가입 화면이다.



[그림 11] 회원 가입 화면

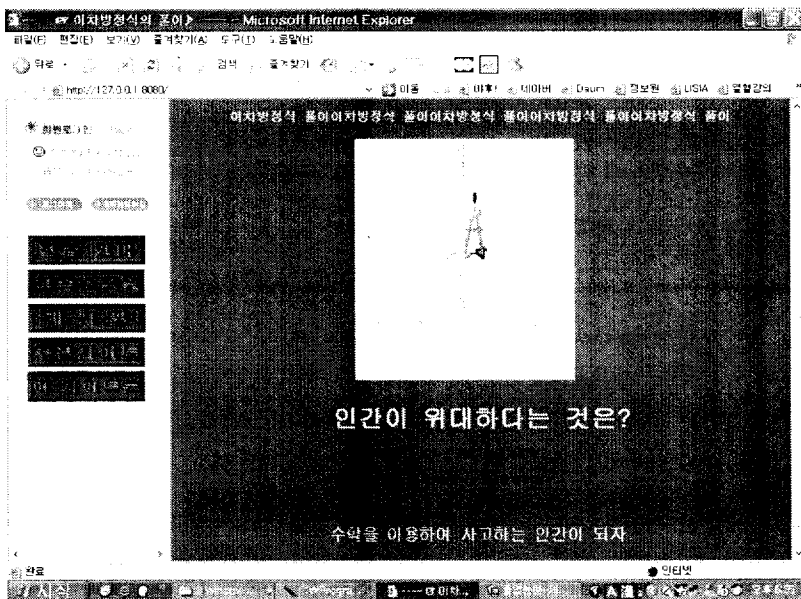
시스템에 교사의 계정으로 Log-In을 하면 교사의 Main 화면이 나타나고 학생의 계정으로 Log In을 하면 학생의 로그인 된 Main 화면이 나타난다.

교사의 계정으로 Log-In을 하면 현재 로그인 한 학생들을 볼 수 있으며 “평가 문제” 메뉴를 이용하여 출제된 평가문제를 볼 수 있고 각 문제에 대한 학생들의 통과율 상태를 살펴보고 평가문제를 업그레이드 할 수 있다. “학생 관리” 메뉴를 이용하여 교사는 학생의 세션 점수를 사용하여 수행평가에 이용할 수 있는 기능이 주어진다. [그림12]는 교사의 관리자 Main 화면이다.



[그림 12] 교사의 관리자 Main 화면

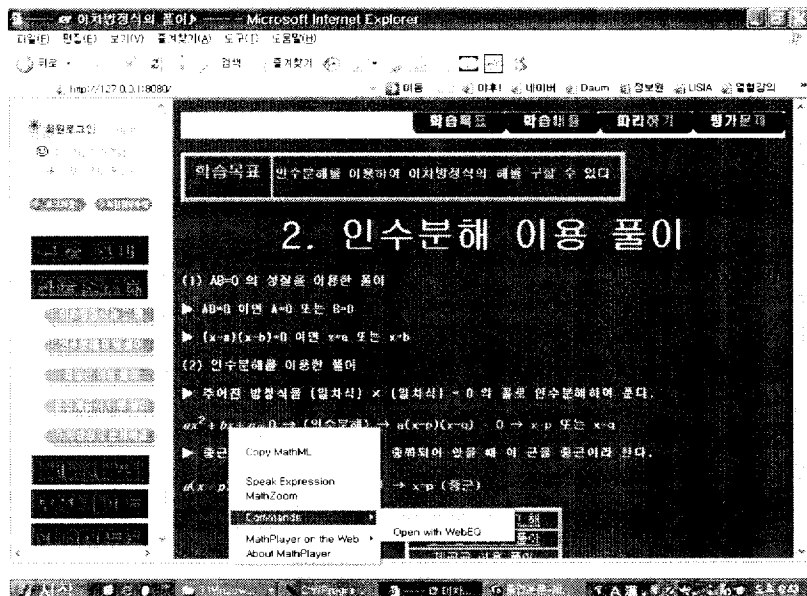
학생의 계정으로 로그인 하면 학생 모듈의 Main 화면으로 전환되어 회원정보 수정, 학습안내, 학습소단원, 게시판, 추천사이트, 이 사이트는, 로그아웃 등의 기능을 할 수 있다. [그림 13]은 학생으로 로그인한 Main 화면을 보여주고 있다.



[그림 13] 학생이 로그인 한 Main화면

3.2.3 MathML을 이용한 학습내용 화면

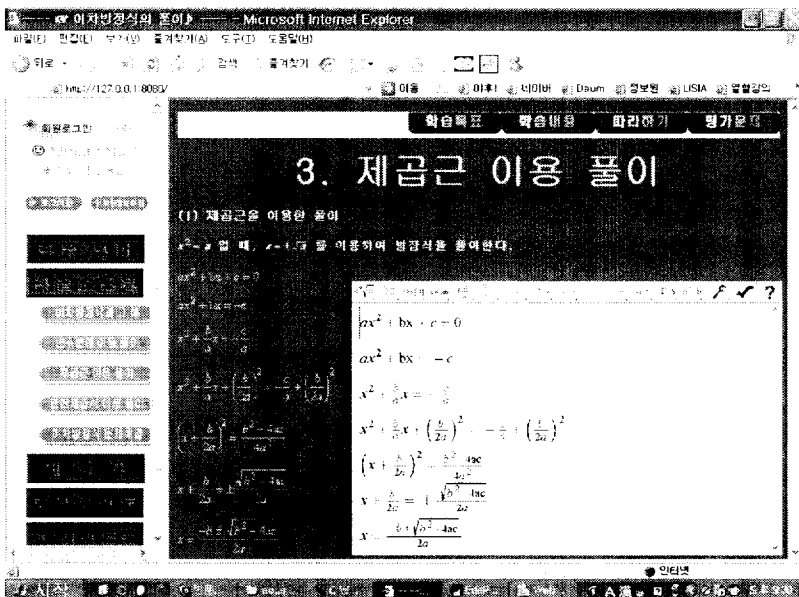
학습내용에서는 각 학습소단원에서 익혀야 할 기본 내용을 제시하고 있어 학습자가 이차방정식의 단원을 각 학습소단원에 맞게 학습하는 곳이다. 한편, 이 시스템이 코드를 검색, 수정, 재사용할 수 있다는 것을 확인할 수 있는데 수식에 마우스를 가져가 오른쪽 버튼을 이용해 MathML 코드를 복사하거나 WebEQ를 이용하여 편집할 수 있도록 구현되어 있는 것을 볼 수 있다. [그림 14]는 학습 소단원 중에서 두 번째인 인수분해 이용 풀이의 학습내용의 한 화면으로 코드를 검색, 수정, 재사용할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.



[그림 14] MathML을 이용한 수식이 들어간 학습 화면

3.2.4 따라하기

학습 소단원내의 서브메뉴 중에서 세 번째인 ‘따라하기’에서는 수식의 구조화 능력을 키우고 대수적인 사고를 기를 수 있도록 구성하여 사용자는 입력을 위한 애플릿인 WebEQ를 이용하여 시스템에서 요구하는 수식의 입력을 통한 학습을 하고, 시스템은 입력되는 MathML 코드를 해석하여 포인트를 세션 점수에 반영하고 이벤트를 일으켜 역동적인 대화식 학습을 진행하도록 하였다. [그림 15]는 학습 소단원 중에서 세 번째인 제공근을 이용한 이차방정식의 풀이의 ‘따라하기’화면에 입력하고 있는 것을 보여 주고 있다.

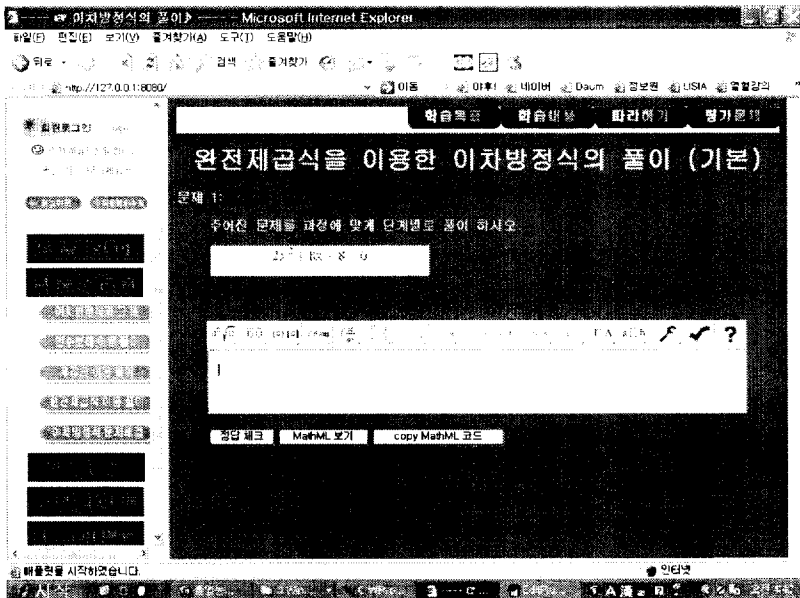


[그림 15] 따라하기에서 수식을 입력하는 화면

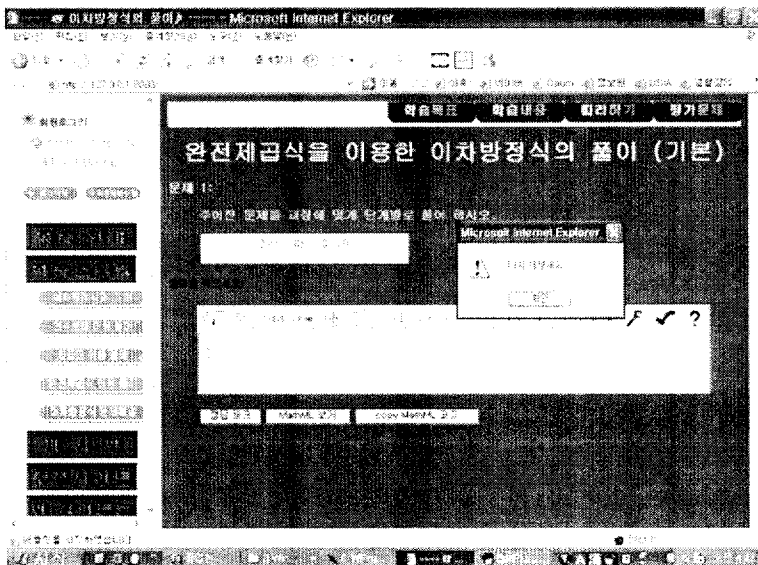
3.2.5 평가문제

각 소단원의 평가문제에서는 반영된 포인트로 단계별·수준별 문제를 제시하고 평가 결과의 점수를 반영하여 사용자의 레벨을 관리하도록 설계하였다. 학생이 정답체크를 하여 틀렸을 경우에는 ‘다시 해보세요!’라는 창이 뜨면서 안내를 하고 맞았을 경우에는 ‘맞았습니다!’라는 창이 뜨면서 성취욕을 충족시켜주는 즉각적인 이벤트를 발생하여 상호작용이 일어나도록 하였다. 또한 교사가 서술식 수행평가의 도구로 활용할 수 있도록 항목에 배점을 부여하여 점수가 계산 되도록 하였다.

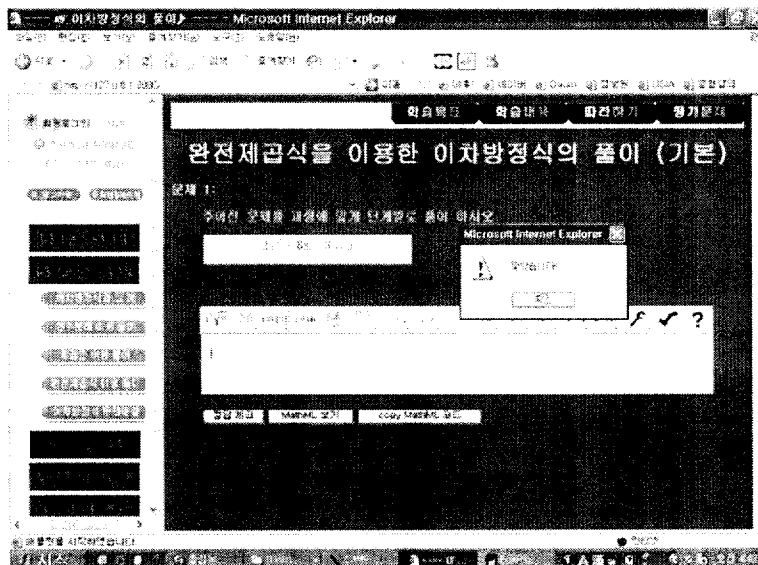
[그림 16-18]은 완전제곱식 이용 풀이의 평가 문제와 풀이에 대한 상호작용을 보여주고 있다.



[그림 16] 완전제곱식 이용 풀이 평가 문제



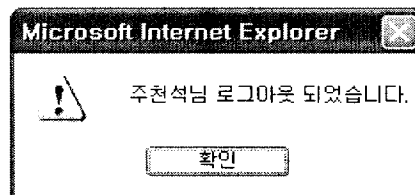
[그림 17] 완전제곱식 이용 풀이 평가 문제 - 오답



[그림 18] 완전제곱식 이용 풀이 평가 문제 - 정답

3.2.6 로그아웃

학습을 마치고 로그인 메뉴의 로그 아웃을 누르면 [그림 19]와 같이 로그아웃 화면이 나오고 확인을 클릭하면 세션 점수를 반영하고 세션을 닫고 로그아웃을 하여 대화식 학습 시스템의 첫 Main 화면으로 이동된다.



[그림 19] Log-Out(학생)

IV. 결론 및 향후 연구 방안

본 연구는 WBI를 기반으로 MathML을 활용한 수학 학습을 위한 대화식 시스템을 설계하여 방정식의 풀이를 서술적으로 풀이하게 하여 수식처리능력 뿐만 아니라 논리력과 대수적 사고력을 증진 시켰으며 이를 검색이 가능한 MathML의 코드를 사용하여 XML의 장점인 검색기능으로 채점한 후 그 결과를 바로 나타내어 학습자에게 피드백을 주면서 상호작용이 활발한 학습이 진행되도록 하여 동기유지가 잘 되었다.

이는 기초학습부진아의 계산능력 향상을 위한 흥미로운 도구로 사용이 가능하도록 하였으며, 가정에서 개별적으로 학습자가 시스템과 상호작용을 하면서 실제 식을 입력하는 반복 훈련으로 자기주도적 학습을 통해 수학의 흥미와 능력을 기르는데 유용한 시스템이라 할 수 있다. 학습의 내용에 맞는 단계적 학습을 진행하여 학생 스스로 학습목표에 도달할 수 있다고 판단된다.

또한, 학교현장에서 멀티미디어실을 효과적으로 활용하여 채점하는 교사의 번거로움을 줄이면서 수학과목의 서술형 수행평가가 워드프로세서 자격검정 시험의 자동채점 프로그램처럼 공정하고 신속하게 가능하도록 하였다.

본 연구의 학습시스템은 첫째, 교사들에게는 코드의 재사용을 통한 웹기반 자료개발의 부담을 덜어주었다. 둘째, 교사와 학생모두에게 수행평가의 부담을 덜어주어 적극 활용될 수 있도록 하였다. 셋째, 활발한 상호작용을 가능하게 하여 학생들에게는 수학에 대한 흥미와 학습효과를 높여주는 의미 있는 시스템이라 할 수 있다.

이 연구에서는 이차방정식 단원에서만 적용이 되어있으나 다른 단원에서도 수식을 사용한 시스템의 적용을 위하여 많은 체계적인 XML문서들의 개발이 필요하다. 그리고 자료의 검색과 활용이 가능한 자료개발을 위한 노력과 연구가 지속되어, 좀 더 편리한 인터페이스를 제공하여 많은 교사들이 교수-학습 자료를 쉽게 개발하고 이를 유용하게 활용하여 수학을 가르치고 학생들은 개발된 교수 학습 자료를 좀더 편안하게 활용하여 수학을 자연스럽게 공부하고 익혀서 문제해결력 향상에 도움이 되었으면 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 교육부, 제 7차 교육과정 초·중등학교 교육과정 연수자료(1998)
- [2] 나일주 편저, “웹기반 교육”, 임철일 편, {웹기반 교육의 상호작용 설계}, 서울:교육과학사, 2002.
- [3] W3C(2001), Mathematical Markup Language Version 2.0 (Second Edition)
<http://www.w3.org/TR/2003/REC-MathML2-20031021/>
- [4] 정경훈, “학습의 질 개선을 위한 Blended Learning 연구”, 부경대학교 석사논문, 2004.
- [5] 나일주 편저, “웹기반 교육”, 정인성 편, {웹기반 교수-학습 체제설계 모형}, 서울:교육과학사, 2002.
- [6] <http://dessci.com/en/support/tutorials/mathml/presentation.htm>
- [7] <http://dessci.com/en/support/tutorials/mathml/content.htm>
- [8] Design Science, MathType,
<http://dessci.com/en/products/WebEQ/>
- [9] 박재성, “XML실전프로그래밍”, 가메출판사, 2003.
- [10] 신수경, “MathML을 이용한 중학교 수학문제 유형별 풀이 저작도구 설계 및 구현”, 성신여자대학교 석사논문, 2001.
- [11] 홍은표, 이수현, “MathML을 이용한 수학교과 ICT활용 교육 개선 방안”, 한국정보교육학회 논문지, Vol.7, No.1, pp11~26, 2003.
- [12] 박정희, 이미정, “MathML에 기반한 수학식 생성 웹사이트의 설계 및 구현”, 컴퓨터교육학회 논문지, Vol.6, No.3, pp173~183, 2003.
- [13] 홍은표, 이수현, “수학교과 수준별 교수-학습 자료에서 MathML과

XSLT의 활용”, 한국수학교육학회 논문지, Vol.42, No.15, pp683-695,
2003.

[14] http://www.w3c.or.kr/Translation/Math/XSL/Overview_tech.html

[15] http://www.w3c.or.kr/Translation/Math/XSL/Overview_korean.html

감사의 글

학교생활기록부의 CS서버와 홈페이지서버, 그리고 보안서버를 관리하며 받은 스트레스를 뒤로하고 어느새 스스로 문제를 해결할 수 있는 능력을 가져야겠다는 생각이 조금씩 나를 지배하여 체계적인 공부를 시작한다는 부푼 꿈을 안고 대학원에 진학하게 되었다. 정보화 사회에 맞는 자질을 키워 ICT 활용교육의 선구적 교사가 되겠다는 기대로 시작된 대학원 생활은 뒤돌아보면 아쉬움도 많이 남지만 나에게 오롯이 공부에 전념할 수 있는 소중한 시간들이었습니다.

열심히 하겠다는 첫 마음가짐은 실제의 학교사정과 는 약간의 거리가 있는 원론 주의적 대학원 공부가 어렵고, 학교생활과 공부를 병행하는 것이 힘들다는 핑계로 많이 허물어졌지만 그때마다 따뜻한 미소와 격려로 항상 감싸주신 이경현 교수님께 진심으로 감사드립니다. 미래를 향해 정진하는 연구실의 멤버들과 함께 항상 연구실에서 보여주신 연구하는 모습과 지도하는 모습을 생각하며 교사로서의 근면·성실·노력을 본받도록 하겠습니다.

본 논문을 위하여 시간을 내어 마무리 지도해주신 여정모 교수님께 진심으로 감사드립니다.

연구실을 들어서면 항상 웃으며 맞이해 주시고 논문이 완성될 때까지 격려와 도움을 아끼지 않으신 서철님, 또한 함께 동고동락하며 많은 힘이 되어준 동기생 권은정님, 하월림님, 항상 진지한 인상과 정경훈 선생님과 대학원 생활의 흐름을 안내하신 주한식 선생님과 황정순 선생님, 행정적인 일 처리를 도와주시고 가르침을 주신 심미선님, 김지원님, 산교대의 대변인 김우경님과 내조자 서선희님, 정보보호의 진수를 보여주신 양종필님, 박영호님, 이영경님,

그 외 연구실 모든 가족들에게 감사의 마음을 전합니다.

배려해 주신 학교의 교육가족 여러분들께도 감사의 마음을 전하며 끝으로
저의 뒤에서 항상 사랑으로 걱정해 주시는 부모님과 사위자식 늦게 공부할
수 있도록 힘이 되어주신 장인장모님, 논문 연구로 어려움이 많아 고생할 때
함께 고민하고 도움을 준 아내와 함께 이 기쁨과 영광을 나누고자 합니다.

2005년 여름

주 천 석