

MathML을 이용한 수학교과 ICT활용 교육 개선방안

홍은표, 이수현

창원대학교 컴퓨터공학과

요약

웹의 장점을 활용하기 위한 수학교과 교수-학습 자료들은 이미 많이 개발되어 있으나 수학교과 자료에서 사용하는 수식이 대부분 수식 자체가 아닌 그림 형태로 표현되어 있어 수식의 계산이나 검색, 재사용 등 다양한 활용이 불가능하였다. 이를 극복하기 위하여 수식 표현을 위한 마크업 언어인 MathML이 개발되었다. 본 논문에서는 수학교과 ICT활용 교육에서의 교재 개발, 교수-학습 도구 개발, 그리고 정보 교환을 위해 MathML을 활용할 수 있는 방안을 제시한다. 교재 개발에 있어서 MathML을 이용하는 것은 수식의 수정을 편리하게 하고 재사용을 가능하게 한다. 그리고 MathML을 표준으로 사용하는 교수-학습 도구들은 수식과 수학적 개념간의 연결을 강하게 해 주고, 교사들이 이와 같은 도구들을 보다 쉽게 재구성하여 수업에 활용할 수 있도록 해 준다. MathML을 이용한 수식을 사용할 수 있는 게시판은 교사와 학생간의 정보 교환을 활발하게 하고, 이를 이용한 「웹토론하기」와 같은 다양한 형태의 ICT활용 수업을 가능하게 한다.

An Improvement of Mathematics Course Using MathML in ICT Environment

Eun-Pyo Hong, Su-Hyun Lee

Department of Computer Engineering, Changwon National University

ABSTRACT

Although many mathematical teaching/learning materials are already developed in the web, diverse utilization of this materials such as calculation, searching, or reusing of expressions are limited since the expression is actually a figure. To cope with this, MathML which describing mathematical notation was developed. In the paper, we proposed the methods of developing teaching materials using MathML, making learning assistance tools which utilize MathML, and applying MathML to information exchange community for Mathematics courses in ICT environment. Using MathML to develop a teaching material makes easy to correct and reuse the mathematical notations conveniently. Furthermore, learning assistance tools made by placing MathML help teachers reorganize and utilize these materials in the classroom as well as enhancing the connection between mathematical notations and concepts. The web-board that can make a use the mathematical notations using MathML enables the teachers and students to exchange information actively. It also helps to fulfill different types of teaching using ICT such as "discussion on the web".

주요어 : MathML, 수식지원 게시판, 수준별 교수-학습자료

논문접수일 : 2002. 07. 27 심사완료일 : 2003. 01. 15

1. 서 론

컴퓨터와 인터넷 기술이 발달함에 따라 이러한 기술을 교육적으로 활용하고자 하는 노력이 계속되어 왔다. 최근에는 교육정보화를 위한 물적 기반 조성이 조기 완료되고 제 7차 교육과정 개정의 기본 방향이 「21세기 세계화·정보화 시대를 주도할 자율적이고 창의적인 한국인 육성」으로 정해짐에 따라 정보통신기술(ICT : Information & Communication Technology) 교육이 주된 관심이 되고 있다[1, 7].

ICT 교육은 ICT소양 교육과 ICT활용 교육으로 나눌 수 있는 데, ICT소양 교육은 정보통신기술 자체에 대한 교육으로 정보의 생성, 처리, 분석, 검색 등 기본적인 정보활용능력을 기르는 교육을 말하는 것으로 학교장 재량 활동시간이나 특별활동 시간에 독립 교과 혹은 특정 교과의 내용 영역으로 정보통신기술 자체에 관한 교육을 하는 것을 의미한다. 반면에 ICT활용 교육은 기본적인 정보소양 능력을 바탕으로 학습 및 일상 생활의 문제해결에 정보통신기술을 적극적으로 활용할 수 있도록 하는 교육을 말하는 것으로 각 교과시간에 정보통신기기를 활용하여 교과의 목표를 가장 효과적으로 달성하기 위한 교육활동, 즉 정보통신 기술을 도구적으로 활용하여 학습자의 학습동기를 유발하고 자기 주도적인 학습능력을 신장시키려는 교육활동을 의미한다[1].

수학교육에 있어서 ICT의 활용은 학생들의 흥미를 유발시키고, 문제 해결에 따른 학생들의 반응을 분석·판단하여 개인에게 적절한 피드백을 제공할 수 있게 한다. 문자 정보, 그림, 그래픽, 애니메이션, 시뮬레이션 등과 같은 여러 가지 형태의 정보를 통합적으로 제공함으로써 수학적 개념과 원리를 보다 시각적으로 명확하게 전달할 수 있고, 지식의 통합과 분석이 이루어질 수 있도록 다양하고 방대한 수학 자료를 제공함으로써 종합적인 사고력을 신장시킬 수 있다.

학교에서의 수업에 적용할 수 있는 ICT활용 교육 수업유형은 정보탐색하기, 정보분석하기, 정보안내하기, 웹토론하기, 협력연구하기, 전문가와 교류하기, 웹편집하기, 정보만들기 등 여러 가지 유형[7]이 있으나 수학교과에서는 컴퓨터나 웹 상에서 편리하게

수식을 사용할 수 없기 때문에 다양한 형태의 ICT 활용 수업 유형을 적용할 수가 없다. 실제로 웹토론하기, 전문가와 교류하기와 같은 수업 유형은 학생들에게 있어서 자신이 가진 어려운 문제를 해결하는데 매우 유용하게 활용될 수 있는 수업 유형이지만 수식표현의 제약 때문에 수학교과에서는 잘 활용되지 못하고 있다. 또한 웹을 이용한 학습자료의 경우에도 아직까지는 수식 표현의 문제를 이미지 파일로 해결한 경우가 많아서 수식의 재사용 및 계산이 불가능하고, 학생들이 문제에 대한 수식 형태의 답을 제시했을 때 그 답이 정답인지 오답인지를 판단하여 적절한 피드백을 제공하는 학습 자료를 만들기가 어렵다.

본 논문에서는 수학교과의 ICT활용 교육 방법의 다양화를 위하여 수식 표현을 위한 XML의 응용분야인 MathML(Mathematical Markup Language)[13]을 이용하여 ICT활용 교육에서 효과적으로 수식을 사용하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 또한 제시하는 활용방안에 대한 구체적인 적용방안을 보이기 위하여 XML과 MathML을 이용한 수학교과 수준별 학습자료와 수식을 사용할 수 있는 질문과 답 게시판 구현해 보고자 한다.

2. 관련연구

2.1 수학 수식의 표현 및 처리

기존의 웹 교수-학습 자료에서 수학 수식을 처리하는 방법들을 분석하고, TeX과 OpenMath에 대해 살펴본다.

2.1.1 기존 웹에서의 수학 수식

2001년 전국 교육용 S/W 공모전[17] 수학분과 웹분야에서 입상한 작품들을 대상으로 수식 또는 수학적 정보를 표현하고 처리하는 방법을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 학습자료를 제시하는 방법 면에서 HTML과 수식을 위한 그림파일을 이용하여 학습내용을 표현하는 방법과 플래쉬를 이용하여 표현하는 방법을 주

로 사용하였다. 둘째, 애니메이션, 작도, 그래프 그리기 등과 같은 학습 흥미유발을 위한 동적요소 활용 측면에서 대부분의 작품들이 플래쉬나 PASS2000 같은 저작도구를 이용하였다. 셋째, 수식의 계산 및 문제풀이 측면에서 수식 자체를 입력하여 계산에 활용한 예는 거의 없었다.

결과적으로 애니메이션 등과 같은 학습보조 요소는 잘 표현하였지만 수학 분야에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 있는 수식은 제대로 지원되지 못하였다. 이런 이유로 인하여 수학교과와 경우 웹 교재나 게시판을 적극적으로 활용하는데 어려움이 있었다. 이를 해결하기 위한 노력들을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 수식 표현이 가능한 워드프로세서 문서를 첨부파일로 만들어 이용하는 방법이다. 이 방법은 수식을 완전히 표현할 수 있다는 장점은 있지만, 웹과는 별도의 문서에 수식이 표현되므로 수식 검색이나 수식 처리 등이 불가능하다는 문제점이 있다. 둘째, 텍스트 형식으로 기존 수식을 재정의하여 사용하는 방법이다. 예를 들어, 지수함수를 $y(x)=e^{1-x}$ 와 같은 형태로 입력하거나 삼각함수를 $[\sin(a+\pi/2), \#]$ 과 같이 입력하는 방법이다. 이 방법은 수식을 즉각적으로 인지하는데 어려움이 있으며 표현 형식의 표준이 존재하지 않는 단점이 있다. 셋째, 사용자의 컴퓨터에 특정 컴포넌트를 설치하고 해당 컴포넌트가 스크립트를 받아 들여 화면에 수식을 표현하는 방법이다. 이 방법은 해당 컴포넌트의 능력에 따라 수식 처리를 잘 할 수 있는 장점은 있지만 수식을 보기 위해서는 해당 컴포넌트가 반드시 설치되어 있어야 한다는 문제점이 있다.

2.1.2 TeX

TeX은 1970년대 후반 Knuth에 의하여 문서조판(typesetting)용으로 개발된 프로그램 언어로서 일반 워드프로세서와는 달리 여러 가지 미세한 요소들을 고려하여 고품위의 출력 결과를 얻는 것을 목적으로 개발되었으며, 수학 및 자연과학 분야의 학술 논문이나 책의 출판에 편리한 조판 도구로 인정받고 있다.

그러나 TeX은 그 자체가 일종의 프로그램 언어이

기 때문에 사용자가 그것을 배우고 활용하기가 어렵다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 LaTeX이라는 매크로가 개발되었지만, TeX과 LaTeX은 웹에서의 사용을 목적으로 개발된 것이 아니기 때문에 TeX과 LaTeX으로 표현된 수식을 웹에서 사용하기 위해서는 TeX 파일을 HTML 형태로 변환시켜야 한다. 이를 위한 LaTeX2HTML[18]과 같은 도구들이 개발되어 있으나, 이는 수식을 그림 형태로 표현하기 때문에 수식이 포함하고 있는 정보를 활용할 수 없다는 단점이 있다.

2.1.3 OpenMath

OpenMath[19]는 수학적 대상의 의미를 표현하고, 그것을 컴퓨터 프로그램, 저장된 데이터베이스, 웹 등에서 교환할 수 있도록 하기 위해 최근에 만들어진 표준이다. 이는 초기에는 컴퓨터 대수 시스템을 위해 개발되었으나 지금은 과학적 계산이 필요한 다른 영역과 전자 문서의 출판과 같은 분야에서도 주목받고 있다.

OpenMath는 W3C의 MathML과 상호보완적 관계가 있으며 서로 중복되는 부분이 많다. OpenMath는 언어의 변화 없이 수식을 의미적으로 인코딩 하는데 그 목적이 있으므로 수식을 출력하는 형태에 대한 고려는 포함하고 있지 않다. 수식을 출력하기 위해서는 OpenMath를 TeX이나 MathML 형태로 변환하거나, 다른 수학응용 프로그램의 입력으로 바꾸어야 한다. 반면 MathML은 자체적인 수식 출력 형식을 가지고 있으므로 웹브라우저에서 수식을 편리하게 사용할 수 있게 한다. 그리고 내용 마크업의 경우에는 수식의 내재적 의미까지 표현할 수 있기 때문에 수식이 가지는 수학적 정보도 웹에서 활용할 수 있게 된다.

2.2 MathML

TeX과 OpenMath와는 달리 MathML의 주된 관심은 웹에서의 수식 표현과 처리에 있다. HTML과 이미지 파일을 이용한 기존 웹에서의 수식은 표현과 인코딩 면에서 문제점이 있다. 표현의 문제는 텍스트

의 크기가 커지거나 작아지면 수식을 표현하는 이미지와 텍스트간의 균형이 깨어진다는 것이 하나의 예가 될 수 있다. 인코딩의 문제는 수식 표현을 검색하고자 할 때 사용할 수 있는 유용한 도구가 없고, 특정 표현을 잘라 붙이는 것과 같은 과정이 매우 복잡하고 어렵다는 것이다[2].

MathML은 위와 같은 웹에서의 수학적 표현의 한계를 극복하기 위해 만들어진 XML의 응용이다. MathML은 인터넷에서 수학적인 내용이나 표기를 다루는 방법에 대한 저수준의 형식으로 웹에서 수식을 표현하고, 처리하고, 공유하는데 필요한 해결책을 제공하는 마크업 언어(markup language)이다.

W3C에서는 2001년 2월 MathML2.0 권고안을 발표하였고, MathML을 지원하기 위한 Amaya 브라우저를 비롯한 다양한 개발도구들을 소개하고 있다.

2.2.1 표현과 내용

수식을 전달하기 위해서 사용할 수 있는 방법은 수식의 모양을 보이는 대로 설명하는 방법과 그것의 의미를 전달하는 두 가지 방법이 있을 수 있다. 예를 들어, $f'(x)$ 의 경우에, 첫 번째 방법은 「f 프라임 괄호 열고 x 괄호 닫고」와 같이 전달하는 것이고 두 번째 방법은 「함수 f x 의 미분」과 같이 전달하는 방법이다.

MathML에서는 위의 두 가지 방법을 모두 사용하고 있다. 첫 번째 방법은 수식의 표현에 중점을 둔 표현 마크업(presentation markup)이고, 두 번째 방법은 수식이 가지고 있는 의미를 전달하는 내용 마크업(content markup)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[4].

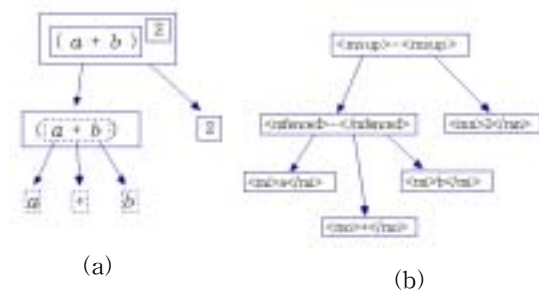
2.2.2 수식 트리와 표현 마크업

일반적으로 수식은 여러 가지의 수와 부호가 모여 하나의 수식을 구성한다. 수식을 위한 수학적 기호와 숫자들은 상당히 많지만 그것들을 배열하는 방법은

위첨자, 아래첨자, 열, 분수, 행렬과 같이 몇 가지로 유형을 정할 수 있다. 이러한 것들은 중첩되어 나타나기도 하고 문맥에 따라 변수의 개수도 달라질 수 있지만 복잡하고 중첩된 표현도 단순한 몇 개의 스키마(schema) 계층 구조로 표현될 수 있다[12].

$(a+b)^2$ 과 같이 위첨자를 사용하는 수식은 $(a+b)$ 와 2로 나누어질 수 있다. 그리고 $(a+b)$ 는 $(a+b)^2$ 의 하위표현으로 볼 수 있는데 이것 역시 괄호와 $a+b$ 로 나누어질 수 있다. 또한 $a+b$ 도 a , $+$, b 와 같이 나누어질 수 있다. 이러한 작업은 더 이상 나누어지지 않을 때까지 계속되며, 이 과정을 (그림 1)의 (a)에서 보는 바와 같이 트리의 형태로 나타낼 수 있다. MathML의 표현 마크업에서는 이와 같이 만들어진 수식 트리를 이용하여 인코딩 한다.

(그림 1)은 수식의 구조로부터 만들어진 MathML 수식 트리를 보여준다.



(그림 1) MathML 수식 트리

MathML 표현 마크업은 레이아웃 박스(layout box) 개념을 기초로 만들어졌다. 예를 들어, 위첨자를 사용하기 위한 box는 두 개의 child box들을 가지게 된다. 표현 마크업 요소들은 이와 같은 레이아웃 박스들은 기술하기 위한 것들로 구성되어 있고 각 요소들은 하위 요소들이 어떻게 논리적으로 연결되는지를 설명해 주는 레이아웃 스키마(layout schemata)를 가진다. 표현 마크업에는 30개의 요소와 약 50개의 속성이 있다.

2.2.3 내용 마크업

MathML 내용 마크업은 전위표기(prefix notation)

를 사용한다. 이는 수식 「5+8」을 「add 5 and 8」과 같이 표현하는 방법을 말한다. 「5+8」처럼 중위 표기(infix notation)를 사용할 경우에는 $(x-y)/2$ 와 $x-(y/2)$ 를 구별하기 위해 반드시 괄호를 사용해야 하지만 전위표기를 사용하는 MathML에서는 (그림 2)처럼 괄호를 사용하지 않아도 된다.

```

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

(그림 2) 전위표기의 두가지 예

내용 마크업에서 사용되는 대부분의 내용 요소들은 연산이나 수학적 데이터 타입을 표시한다. 위의 예에서 사용된 <apply> 요소는 이와 같은 연산들과 변수들을 그룹화하는 역할을 한다. <apply> 요소의 첫 하위요소는 연산이 되어야 하고 나머지 하위요소들은 그 연산에 대한 변수들이 되어야 한다. MathML에서 연산과 함수들은 대부분 <cos/>, <intersect/>과 같이 빈 요소들로 표시된다.

내용 마크업에서의 가장 보편적인 토큰 요소는 <ci>와 <cn>이다. 이들은 각각 식별자와 수를 표시한다. 새로운 기호, 연산, 함수의 정의를 위하여 <csymbol> 토큰이 사용될 수도 있다. 내용 마크업에는 약 12개 정도의 속성을 가진 100여 개의 요소들이 있다.

2.3 MathML을 이용한 사례

MathML은 웹에서의 수식 사용에 대한 제약을 극복할 수 있는 가능성을 열어 주고 있다. 그러므로 이를 수학교과 ICT활용 교육에 적용하는 것은 다양한 교수-학습 전략을 사용할 수 있음을 의미한다. 그러나 아직까지는 MathML 관련 도구들이 보편화되어 있지 않기 때문에 ICT활용 교육에서 MathML을 활용한 경우는 드물다.

본 절에서는 MathML을 편리하게 사용할 수 있도

록 개발된 수학적 생성기와 MathML을 이용하여 구현된 문제풀이 저작도구에 대해 살펴보기로 한다.

2.3.1 MathML을 위한 수학적 생성기

특정 수식에 대한 MathML 코드를 일일이 손으로 표현하는 것은 상당히 복잡한 작업을 요구하므로 보다 쉽게 수식을 MathML 코드로 변환할 수 있는 MathML 생성 도구들이 필요하게 되었다. 이를 위한 도구들 중 대표적인 것이 MathType[14]로 수식 템플릿을 이용하여 수식을 입력하면 그것을 MathML이나 TeX 형식으로 변환시켜준다. (그림 3)은 MathType에서의 MathML 코드 생성 화면이다.



(그림 3) MathML 생성기

수학 교과서의 교수-학습에 있어서 MathML은 다양하게 활용될 수 있다. 그러므로 위와 같은 수학적 생성기를 이용하여 만들어진 MathML을 수학 교과서의 교수-학습에 활용할 수 있는 방안에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

2.3.2 MathML을 이용한 문제풀이 저작도구

수학 교과 교수-학습 자료 개발을 위해 MathML을 활용한 사례로는 유형별 문제풀이 저작도구[4]를

들 수 있다. 이는 Amaya 브라우저를 기본 창으로 사용하여 수학 문제를 유형별로 편집 저장할 수 있게 되어 있고, 풀이과정도 전체 또는 단계별로 편집하여 보여줄 수 있도록 구현되었다. MathML 형태의 수식 입력과 출력은 Amaya 브라우저를 통하여 이루어지고 수학 문제의 단계별, 유형별 관리는 별도의 모듈을 통하여 이루어진다.

위와 같은 유형별 문제풀이 저작도구는 수식을 위한 별도의 작업이 필요 없기 때문에 편리하게 문제와 풀이과정을 입력할 수 있다. 그리고 유형별로 문제를 관리할 수 있고, 풀이과정을 단계별 또는 전체적으로 학생들에게 보여 줄 수 있다는 장점이 있다.

그러나 범용 브라우저에서는 이와 같은 기능을 살릴 수 없다는 단점이 있고, 학생들이 상호 작용을 통하여 문제를 해결하는 것이 아니라 풀이과정을 볼 수만 있는 형태를 갖추고 있다는 단점이 있다. 그러므로 이러한 저작 도구를 이용하여 개발된 자료들이 보다 편리하고 다양하게 웹에서 활용될 수 있도록 해야 할 것이다.

3. MathML 활용 방안

ICT활용 교육에서는 학습자들의 다양한 학습활동 및 사고과정을 도울 수 있는 학습환경의 설계자이며 조연자로서의 교사의 역할이 강조된다. 그러므로 교사는 교과와 기본 교재를 바탕으로 교수-학습을 위한 자료를 개발하여 학생들로 하여금 자기 주도적인 학습을 할 수 있도록 하여야 하고, 수업 과정에서는 교사와 학생 또는 학생과 학생간의 원활한 정보교환이 이루어지도록 해야한다[1].

본 장에서는 위와 같은 관점에서 수학교과 ICT활용 교육을 위한 교재 개발 및 교수-학습 도구의 개발 그리고 정보교환을 위해 MathML을 활용할 수 있는 방안을 살펴보기로 한다.

3.1 교재 개발

웹에서 활용할 수 있는 학습자료의 가장 기본적인 형태는 문서이고, 이와 같은 문서를 기반으로 교수-학습을 위한 다양한 전략들을 사용하여 학습자료를

개발하게 된다. 수식표현을 위한 저수준의 형식인 MathML은 다양한 형태로 활용될 수 있는 가능성이 있으므로 문서 형태의 교재 개발을 위한 훌륭한 기반이 될 수 있다.

3.1.1 웹에서의 수식표현

기존의 웹페이지에서는 수식을 주로 그림을 이용하여 표현하고 있다. 이런 경우 수식의 크기를 바꾸거나 내용을 수정하는 것이 어렵다. 예를 들어 글자 크기 10포인트의 텍스트와 연결되어 있는 수식을 위한 그림은 글자 크기의 변화에 따라 그림의 크기를 줄이거나 늘이면 현저하게 가독성이 떨어진다. 그러므로 글자 크기를 수정하거나 수식 자체를 수정해야 할 경우 개발자는 그림 파일을 수정하거나 재작성해야 한다. 또한 그림으로 표현된 수식은 수식의 내재적 의미에 대한 정보를 전혀 포함하고 있지 못하므로 다른 수학 응용프로그램에서 활용할 수가 없다.

MathML을 이용하여 수식을 표현할 경우 위와 같은 문제점을 해결할 수 있다. MathML은 텍스트 형태로 수식을 표현하기 때문에 문서의 글자 크기를 수정하면서 같은 소스 코드 내에서 수식의 크기를 조절하거나 수식 자체의 내용을 수정하는 것을 가능하게 해 준다. 그리고 MathML을 지원하는 Mathematica와 같은 수학 응용프로그램에서 학습자료에 사용되었던 수식 정보를 재사용할 수 있다는 장점을 가진다[13].

3.1.2 MathML 적용 방법

MathML을 적용한 학습 문서를 개발하는 방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 XML과 MathML을 이용하는 방법이고, 둘째는 HTML의 그림 수식 부분을 MathML 코드가 대신하는 방법이다.

(1) XML과 MathML을 이용하는 방법

기본적인 교수-학습 자료는 XML을 이용하여 표현하고 수식 부분은 MathML을 이용하는 방법으로 전체적인 문서는 XML 형식이 된다. XML 형식으로

만들어진 이 문서들은 정형화된 틀을 가질 수 있으므로 교육용 S/W 공모전의 기본 형식으로 활용되거나 웹교재 개발에 적용된다면 문서의 다양한 활용 및 정보의 교류를 쉽게 할 수 있다. 그리고 개발된 자료들의 색인을 만들거나 검색을 가능하게 하여 교사나 학생들이 원하는 학습자료를 쉽게 찾아서 이용할 수 있게 할 수 있으며 중복되거나 누락되는 학습내용을 편리하게 파악할 수 있으므로 학습자료의 중복이나 편중을 줄일 수 있다.

7차 교육과정에서 단계형 교육과정을 추구하고 있는 수학 교과와 수준별 교수-학습 자료 개발에 있어서도 위의 형식은 유용하게 사용될 수 있다. 예를 들어 기본 문서에서 상, 중, 하 부분을 추출하여 각 수준에 맞는 학생들을 위한 학습자료를 만들 수 있다. 이는 XML 문서가 목적에 따라 다른 스타일과 내용으로 재구성될 수 있다는 장점[8]을 이용한 것으로 제 3.1.3절에서 간단한 예를 제시하기로 한다.

MathML은 단지 수식을 작성하고 보여주기 위한 수식 편집 또는 출판의 목적뿐만 아니라 수식의 의미까지 표현할 수 있도록 개발되어진 표준이다. 그리고 교수-학습을 위한 XML 문서에 MathML을 적용하는 것은 MathML이 XML에 기반을 둔 응용분야[4]이므로 XML의 장점을 그대로 살릴 수 있는 가능성을 만들어 준다.

이와 같이 학습내용 문서에 XML과 MathML을 적용하여 기대할 수 있는 효과는 다음과 같다.

- 가. 문서의 수식 수정 및 편집이 쉽다.
- 나. 학습자료의 색인 구성이나 검색을 편리하게 할 수 있다.
- 다. 하나의 문서를 다양한 수준의 수업에서 활용할 수 있다.
- 라. 문서에 포함된 MathML 코드를 다른 수학 응용프로그램의 입력으로 재사용 할 수 있다.
- 마. 특정 목적을 위해 개발되어진 학습자료간의 문서 및 데이터 교환이 가능하다.

XML과 MathML을 교수-학습 자료가 잘 활용되기 위해서는 이를 지원하는 브라우저와 문서의 유효성 검증을 위한 DTD 또는 Schema, 화면 출력을 위한 CSS 또는 XSLT, MathML을 위한 플러그인 등

의 지원이 필요하다[15]. 현재 W3C를 중심으로 MathML에 대한 논의가 계속되고 있고 XML 관련 기술들도 급속히 발달하고 있으므로 보다 쉽게 XML과 MathML을 이용하여 교재를 개발하고 활용할 수 있게 될 것이다.

(2) HTML과 MathML을 이용하는 방법

기존의 HTML 문서에 그림 대신 MathML 코드를 삽입하여 수식을 표현하는 방법이다. 이러한 형태의 문서는 Amaya와 같이 MathML을 지원하는 브라우저를 이용하여 학습자에게 제공될 수 있고 범용브라우저를 이용할 경우에는 MathML을 화면에 표시해 줄 수 있는 플러그인이나 애플릿이 있어야 한다. 대표적인 플러그인으로는 IBM의 TechExplorer가 있고, 애플릿으로는 WebEQ 애플릿이 있다.

MathML 코드는 이미 개발되어 있는 WebEQ, EzMath와 같은 MathML 생성 도구[2]들을 이용하여 만들거나 직접 MathML 문법에 맞게 입력하여 만들 수 있다.

이와 같은 방법은 전적으로 XML 기반으로 개발된 문서보다는 문서의 활용 가치가 떨어질 수밖에 없으나, 이 방법 역시 수식을 MathML로 표현하기 때문에 수식의 크기를 바꾸거나 수식 자체의 내용을 수정하는 것이 쉬워진다. 그리고 HTML 소스에 포함되어 있는 MathML 코드를 재사용할 수도 있다.

3.1.3 적용 예: XSLT를 이용한 수준별 교수-학습 자료

교육인적자원부에서 시도 교육과학연구원과 공동으로 개발한 제 7차 교육과정의 교수-학습자료를 XML과 MathML로 표현하고 수준별 교수-학습자료를 생성하기 위한 XSLT를 설계하였다. 교수-학습자료의 기본 문서는 단원의 개관, 준비학습, 기본과정, 형성평가, 보충자료, 심화자료, 특별보충자료, 참고자료로 구성되어 있다. 기본 문서가 되는 XML 문서에는 교수-학습자료의 모든 구성요소가 들어 있다. 이와 같은 기본 문서의 모든 구성요소를 화면에 표시하기 위한 XSL 파일, 수준별 학습 자료를 추출

하기 위한 XSL 파일, 그리고 교수-학습 자료에서 쉬운 문제들만을 추출하는 XSL 파일을 이용하면 기본 문서를 다양한 형태로 활용할 수 있게 된다.

기본 문서는 XSLT에 의해 HTML 형식으로 출력되어 화면에 나타나게 된다. 수식의 경우에는 웹 브라우저에서 MathML을 표시할 수 있는 디스플레이 엔진인 MathPlayer를 이용하여 화면에 출력한다[15]. 이 방법은 수식을 출력하기 위한 복잡한 작업을 하지 않아도 된다는 장점이 있고, 다양한 문서의 형식 안에 수식을 위한 MathML 코드를 삽입하여 사용할 수 있게 해 준다.

상위 수준에 있는 학생들을 위한 수준별 교수-학습자료를 출력하기 위해서는 앞에서 언급한 교수-학습자료의 구성요소들 중에서 단원의 개관, 준비학습, 기본과정, 심화자료, 참고자료 요소들만 추출하여 출력하면 된다. 모든 수준을 포함하고 있는 기본 문서를 화면에 출력하기 위한 XSL 파일에는 각 구성요소를 표시하기 위한 템플릿이 만들어져 있으므로 이를 <표 2>와 같이 수정하면 원하는 구성요소들만 추출하여 화면에 출력할 수 있다.

<표 1> 기본문서 출력을 위한 XSLT

기본 문서 출력
<pre><xsl:template match="/"> <body> <p align="center"> 대단원 : <xsl:value-of select="대단원/@대단원명"/> </p> <xsl:apply-templates/> </body> </xsl:template match="/"></pre>

또한 기본 문서에 들어 있는 문제들을 수준별로 추출하여 수준별 문제지로 활용할 수도 있는데, 이는 XML 문서의 <문제> 요소가 <문제 종류="준비학습" 수준="1" 번호="1">과 같이 구성되어 있다는 가정하에 이 요소의 「수준」 속성을 이용하여 원하는 수준의 문제를 추출하여 출력할 수 있다.

<표 2> 수준별 구성요소 추출을 위한 XSLT

상위 학생을 위한 문서 출력
<pre><body> <p align="center"> 대단원 : <xsl:value-of select="대단원/@대단원명"/> </p> <xsl:apply-templates select="대단원/단원의개관"/> <xsl:apply-templates select="대단원/중단원/학습목표"/> <xsl:apply-templates select="대단원/중단원/준비학습"/> <xsl:apply-templates select="대단원/중단원/기본과정"/> <xsl:apply-templates select="대단원/중단원/심화자료"/> <xsl:apply-templates select="대단원/중단원/참고자료"/> </body></pre>

<표 3> 난이도별 문제 추출을 위한 XSLT

수준별 문제 추출
<pre><body> <p align="center"> 대단원 : <xsl:value-of select="대단원/@대단원명"/> </p> <xsl:for-each select="//문제[@수준 = '1']"> <xsl:apply-templates/>
 </xsl:for-each> </body></pre>

이와 같은 수준별 교수-학습 자료 개발 방법이 보다 보편적으로 활용되기 위해서는 수준별 교수-학습자료의 작성과 편집을 위한 저작도구의 개발이 필요하며 또한 사용자가 편리하게 원하는 학습자료를 추출하고 활용할 수 있는 기능이 구현되어야 한다. 예를 들면, 같은 수준의 문제를 추출하더라도 각기 다른 문항을 가진 문제지를 출력하도록 한다든지, 또는 학생들의 입력이나 클릭을 유도하고 그것에 대한 적절한 피드백을 제공함으로써 단계적으로 문제를 해결할 수 있도록 한다면 더욱 효과적일 것이다.

3.2 교수-학습 도구의 개발

수학교과 ICT활용 교육에서 효과적인 교수-학습을 위한 전략으로 사용될 수 있는 수학적 개념의 시각화와 수식연산의 반복연습을 위해 MathML을 활

용할 수 있는 방안을 살펴보기로 한다.

3.2.1 수학적 개념의 시각화

학생들에게 함수의 그래프에 대한 수학적 개념을 지도함에 있어서 함수의 대수식 표현에 대해 단순히 그것에 대응되는 그래프를 보여주는 것은 대수식 표현의 또 다른 변형을 보여주는 것에 불과하므로 대수식이 어떤 과정을 거쳐 그와 같은 그래프 모양이 되는지를 시각적으로 일일이 보여 주는 것보다는 효과적이지 못하다[3].

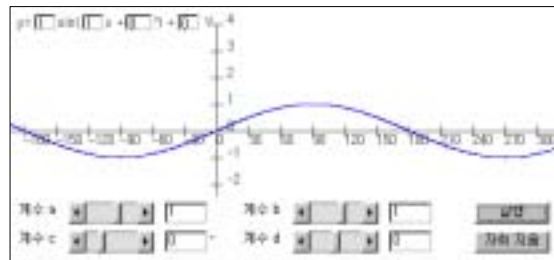
예를 들어 이차함수의 그래프에 대한 학습을 함에 있어서 $y=x^2+4x+3$ 이라는 수식을 클릭 했을 때 완성된 그래프가 바로 보여지는 형태보다는 (x,y) 좌표에 대응되는 점들이 모여 점차적으로 그래프가 되는 과정을 보여주거나 꼭지점과 축을 이용하여 그래프의 개형을 그리는 과정 자체를 단계적으로 보여주는 것이 더 효과적이라는 것이다.

그러므로 수학교과 ICT활용 교수-학습자료 개발자들은 애니메이션을 이용하여 수학적 개념을 단계적으로 시각화함으로써 학습의 효과를 높이려 하고 있다. 기존의 노력들 중 가장 대표적인 것들은 플래쉬와 같은 애니메이션 프로그램을 활용하는 방법과 자바애플릿을 이용하는 방법, 그리고 GSP와 같은 수학응용 프로그램을 이용하는 방법이다. 플래쉬의 경우 애니메이션 기능을 쉽게 구현할 수 있다는 장점 때문에 가장 많이 사용되고 있지만 그래프나 도형의 정확성이 떨어지는 단점이 있으며, 자바애플릿이나 ActiveX 기술의 경우는 프로그램 개발에 많은 시간과 노력이 필요하다. 그리고 수학응용 프로그램은 비용이 많이 들거나 웹에서 활용하기 어렵다는 단점이 있다.

이와 같이 수학적 개념의 시각화를 위한 노력들이 특정한 형태로 통합되어 있지 않기 때문에 학생들은 각 홈페이지에서 요구하는 플러그인이나 애플릿 등을 일일이 자신의 시스템에 설치하여야 하는 불편을 겪게 되고, 정보의 공유와 자료의 다양한 활용을 위해 교사 개인이 개발한 자료를 공개하더라도 다른 교사들이 자신의 수업 진행에 맞게 재구성하거나 수정하여 사용하는 것이 어렵다.

MathML은 text를 기반으로 하고 있고, 각 요소들은 수식 자체의 의미를 내포하고 있으므로 수학교육을 위한 웹어플리케이션을 개발하기 위한 표준으로 충분하다. 예를 들어 이차함수 $y=ax^2+bx+c$ 의 그래프를 그리는 도구를 개발할 경우 중요한 변수는 a, b, c 인데 MathML로 수식을 표현하면 주어진 수식 코드에서 a, b, c 변수 값을 추출하여 그래프 그리기 도구에 전달할 수 있다. 그리고 웹어플리케이션의 입력으로 사용되는 MathML 코드를 수정하여 자신이 원하는 함수나 도형을 표현하도록 화면을 재구성할 수 있게 된다.

수학적 개념의 시각화를 위해 MathML을 이용하는 것은 수식과 그 수식에 관련되는 수학적 개념간의 연결을 강하게 할 수 있다는 장점이 있다. (그림 4)[9]와 같은 자바애플릿의 경우 수식 전체를 입력하여 그래프의 변화를 관찰하는 것이 아니라 해당 변수의 값을 변화시켜 그래프의 변화를 관찰하는 형태로 되어 있다. 이는 함수식과 그래프 사이의 개념적 연결을 약하게 한다.



(그림 4) 삼각함수 그래프를 위한 자바애플릿

MathML을 적용하면 수식을 표현하는 MathML 코드를 이용하여 그래프 그리기 도구에 변수 값을 전달할 수 있으므로 위와 같은 단점을 보완할 수 있다.

W3C에서 권고안을 제시하였고 이미 이와 관련된 여러 가지 도구들이 개발되어 있는 MathML을 표준으로 하여 수학적 개념을 시각화할 수 있는 도구를 개발하는 것은 수학교과 웹 자료들의 활용 가치를 높이는 것이다. 그리고 애니메이션 적용, 그래프 그리기 등과 같은 시각적 도구들이 많이 개발되고 이를 교사들이 쉽게 활용하여 학습자료를 제작할 수

있다면 수학교과에서의 ICT활용 교육의 비중은 아주 높아질 것이다. 또한 수학적 개념의 시각화를 위한 각각의 도구들이 같은 표준을 기반으로 개발된다면 그래프를 그릴 때 사용했던 입력 값이나 미분계수의 시각적 표현을 위한 도구의 입력 값이 같은 형태로 표현될 수 있을 것이다. 그렇게 되면 교사들은 하나의 문법만 배워도 많은 도구들을 활용하여 학습 자료를 만들 수 있게 된다.

MathML은 XML을 기반으로 하고 있고 최근 XML 관련 기술들이 급속하게 발전하고 있으므로 앞으로는 보다 쉽게 수학적 개념을 시각화하여 학생들의 직관적인 이해를 도울 수 있는 도구들이 많이 개발될 것이라 본다.

3.2.2 수식 연산의 반복 연습

수학적 개념을 나타내는 수식은 어떤 특정한 목적을 위해 변형되거나 연산이 이루어져야 한다. 이런 연산은 학생들이 완전한 개념을 형성하기 전까지는 반복하여 연습할 것을 요구한다[4]. 예를 들어 복잡한 형태의 함수를 미분할 경우 상당히 많은 단계에 걸쳐 미분이 전개되는 데 이와 같은 긴 과정의 미분 결과를 단계별로 일일이 보여줌으로써 계산 과정에서 범하기 쉬운 오류를 정확하게 확인하게 하고 그것을 수정함으로써 정확한 결과를 이끌어 낼 수 있도록 하는 것이 중요하고, 이런 과정을 반복 연습하게 하여 완전한 개념을 형성할 수 있도록 해야 한다.

기존의 학습자료들은 (그림 5)[5]와 같이 주로 HTML의 라디오 버튼을 이용한 선택형 문제의 반복을 통하여 이러한 목적을 달성하려 하고 있다. 이러한 방법은 수식의 연산과는 무관한 단순한 클릭만을 유도할 수 있는 우려가 있고, 학생들 스스로가 수식을 조작하지 않기 때문에 수식 연산에 대한 연습으로는 적합하지 않다. 그리고 연산의 마지막 결과를 선택하여 결과가 맞는지 틀리는지 확인할 수 있도록 구성되어 있을 경우 학생들의 연산과정이 화면상에 남아있지 않기 때문에 어떤 단계에서 오류가 발생했는지 찾아내기가 어렵다.



(그림 5) 라디오 버튼을 이용한 선택형 문제

위와 같은 단점을 보완하기 위해 수학교사는 MathML을 활용할 수 있다. 예를 들어 학생들이 수식입력기를 통해 연산 결과를 입력하면 결과가 맞는지 틀리는지를 학생들에게 알려줄 수 있다. 그리고 여러 단계에 걸쳐 계산이 되는 복잡한 연산의 경우 이와 같은 과정을 단계별로 적용하여 학생들이 각 단계에서 오류가 생겼을 경우 바로 피드백을 제공할 수 있게 구성할 수 있다. 이러한 과정을 통해 학생들은 수식 연산뿐만 아니라 수식을 적는 순서, 배열 위치 등에 관한 연습도 할 수 있게 되어 수식을 다루는 종합적인 능력을 기를 수 있다.

그리고 수식 연산을 위해 MathML을 사용할 경우 학생들이 입력한 수식에 대하여 인수분해나 곱셈공식을 적용한 결과를 보여 주는 수식계산기의 기능까지도 웹브라우저 상에서 구현할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 미분계수를 구해주는 미분계산기, 방정식의 해를 구해주는 방정식 풀이 도구 등도 구현할 수 있게 된다. 이럴 경우 이미 개념을 정확히 이해하고 있는 학생들은 문제 해결에 있어서 계산에 소요되는 시간을 절약하기 위하여 웹에서 수식계산기를 사용할 수 있고 또는 자신의 연산 결과가 틀렸을 경우 어떤 과정에서 틀렸는지를 확인해 보기 위해 수식계산기에게 계산 과정을 단계별로 보여주도록 요구할 수 있다.

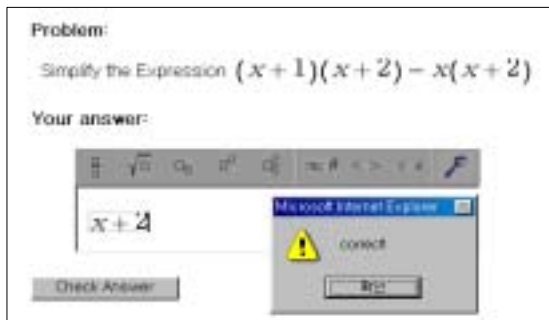
3.2.3 적용 예

(그림 6)[16]은 WebEQ 자바애플릿과 MathML을

이용하여 문제의 답을 수식 형태로 입력할 수 있게 만든 것이다. 화면에 보이는 수식은 내부적으로는 MathML 형태로 표현되므로 자바스크립트를 이용하여 학생들의 수식 입력이 정답인지 아닌지를 알려줄 수 있다.

수식은 수식템플릿을 이용하여 입력할 수 있도록 만들어져 있는데, 제시되는 문제의 특성에 따라 수식 템플릿을 재구성하여 사용할 수 있다. 수식 연산의 반복 연습을 위해서는 학생들의 수식 입력이 정답일 경우에만 다음 문제를 제시하는 형태로 화면을 구성하면 된다.

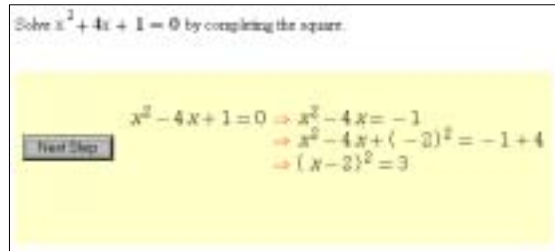
문제해결을 위한 이와 같은 교수-학습자료는 앞에서 언급했던 학생들의 무의미한 클릭을 줄일 수 있어 학습의 진지함을 높일 수 있다. 그리고 형성평가 등에서 이용될 경우 선택형 문제보다 학생들의 이해 정도를 정확히 판단할 수 있게 해 준다.



(그림 6) 수식 입력에 대한 정답 확인

(그림 7)[16]은 수식 연산의 계산 과정을 단계별로 보여주는 화면이다. 이것은 수식의 출력을 위해 WebEQ 애플릿을 사용하고, MathML과 자바스크립트를 이용하여 학생들이 다음 버튼을 클릭할 때마다 하나의 계산이 이루어지도록 구성되어 있다.

학생들은 이 화면을 통하여 완전제곱을 이용한 이차방정식 풀이 방법을 단계적으로 학습할 수 있다. 그러므로 이러한 예제 제시 방법이 모든 풀이과정을 한번에 제시하는 방법보다는 더 효과적이다.



(그림 7) 풀이과정의 단계별 제시

3.3 정보 교환

인터넷이 광범위하게 일상 생활에 이용되고 있는 요즘 인터넷을 통하여 자료를 찾거나 자신의 문제를 해결하고자 하는 노력들이 점차 늘고 있다. 특히 FAQ 게시판을 이용하여 자신과 같은 의문을 가진 사례가 있는지 살펴보거나 전문가에게 자신의 문제에 대한 조언을 구하는 것에 많이 익숙해져 있다. ICT활용 교육에서의 웹토론하기, 전문가와 교류하기 등과 같은 수업 형태는 이와 같은 인터넷의 장점을 살려 학습에 이용하고자 하는 노력이라고 볼 수 있다. 웹토론하기의 경우 여러 가지 방법으로 해결될 수 있는 문제를 교사가 토론게시판에 주제로 제시하면 학생들은 개인 또는 소그룹별로 자신들의 해결 방안을 게시판에 올리고 서로의 해결 방법에 대하여 토론을 벌이는 형태로 수업이 진행될 수 있다[6]. 그리고 교사의 「질문과 답」 게시판은 학생들이 자신이 어려워하는 부분에 대한 질문을 올리고 담당 교사로부터 조언을 듣는 좋은 대화 통로가 될 수 있다.

그러나 이와 같은 수업이 수학교과에서는 잘 이루어지지 않고 있는데 수식 표현의 제약이 그 중요한 이유가 될 것이다. 게시판의 경우는 그림으로 수식을 표현하는 것조차 힘들기 때문에 수학교사들의 「질문과 답」 게시판은 대부분 수식을 포함하는 내용을 찾아보기 힘들거나 수학적 내용을 포함하고 있다 하더라도 텍스트 형식으로 또 다르게 정의되어진 수식을 사용하고 있다. 결국 수학 교과의 ICT활용 교육은 상호 대화가 가능한 웹의 장점을 충분히 살리지 못하고 있는 것이다.

3.3.1 수식을 지원하는 게시판

MathML을 활용하면 수식을 지원하는 웹게시판을 구현할 수 있다. 물론 각각의 고유한 스크립트와 컴퍼넌트[10]를 이용하면 반드시 MathML을 활용하지 않더라도 이러한 기능을 구현할 수 있지만 MathML이 수식 표현의 표준화를 위해 만들어졌다는 점을 고려하면 MathML을 적용하여 구현하는 것이 보다 더 효과적이라고 할 수 있을 것이다.

수식을 지원하는 웹게시판은 기존의 범용 게시판 기능에 MathML을 이용하여 수식을 표현할 수 있도록 해 주는 자바애플릿 등을 추가하여 구현할 수도 있고, 전적으로 XML을 기반으로 하여 구현할 수도 있다. MathML을 지원하기 위한 자바애플릿의 경우에는 수식 입력을 위한 애플릿과 화면에 수식을 출력할 수 있도록 해주는 애플릿이 필요하다.

수식입력은 MathML을 잘 모르는 사용자들도 쉽게 입력할 수 있도록 수식템플릿 형식을 갖추는 것이 좋고, MathML을 잘 아는 사용자의 경우에는 코드를 직접 입력할 수도 있게 배려해야 한다. 그리고 「복사하여 붙여넣기」가 가능하도록 하여 다른 응용프로그램에서 재사용할 수 있게 해야 한다.

MathML을 적용한 웹게시판은 수식을 입력하여 그와 관련된 질문과 답이 게시판에 있는지 없는지를 검색할 수 있다. 이는 특정 수학 공식의 출처를 찾는 다거나 그와 관련된 정보를 찾는 일을 쉽게 해 준다.

3.3.2 수식 지원 게시판의 구현

MathML과 이를 브라우저에 표현할 수 있도록 개발된 WebEQ 애플릿을 이용하여 수식을 사용할 수 있는 게시판을 구성하였다.

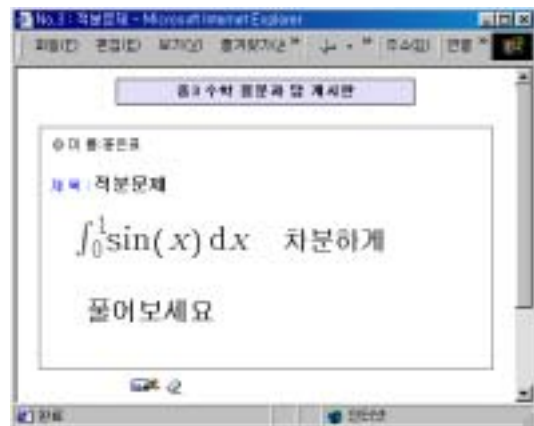
수식표현을 제외한 기본적인 게시판 기능을 위해서는 Perl과 CGI를 이용하여 만들어진 텍스트 기반의 Technote[11]라는 게시판을 이용하였다. 이 게시판은 각각의 게시물을 '*.cgi'라는 텍스트 파일로 서버에 전송하는데, 본문 내용을 단순한 텍스트 형태로 서버에 전송하는 방법과 HTML 코드 형태로 전송하는 두 가지 방법을 제공하고 있다. 이 두 가지 방법 중에서 HTML 코드를 사용하는 형태가 MathML 코

드를 삽입할 수 있기 때문에 이 방법을 사용하였다. 그리고 이 방법은 사용자가 직접 HTML 코드를 입력하는 것이 아니라 사용자의 입력 내용을 자동으로 HTML 형태로 변환시켜 전송하기 때문에 학생들이 HTML에 대해서 알지 못하더라도 사용하는데 어려움을 느끼지는 않는다.

WebEQ 애플릿[16]은 수식을 입력하거나 또는 브라우저 화면에 출력하기 위한 것으로 MathML을 지원하고 있다. 이는 수식을 입력하기 위한 애플릿과 화면에 출력하기 위한 애플릿으로 나누어져 있는데, 게시판의 「글쓰기」에서는 입력을 위한 애플릿을 사용하고 「글읽기」에서는 출력을 위한 애플릿을 사용한다.

서버에 저장되어 있는 수식을 포함한 본문을 읽을 때에는 WebEQ의 수식 출력 애플릿[16]이 입력되어 있는 MathML 코드를 해석하여 브라우저 화면에 수식을 출력하게 된다. 수식 이외의 부분은 HTML 형식이므로 브라우저에서 출력해 준다. 그리고 입·출력 애플릿이 주변 글자의 크기와 맞게 수식의 크기를 늘이거나 줄일 수 있는 기능을 제공하기 때문에 수식으로 인해 문서의 가독성이 떨어지지 않는다.

(그림 8)은 수식이 포함된 본문을 보여 주는 화면이다.



(그림 8) 수식을 사용한 게시판 본문

본 게시판을 이용하여 보다 활발한 정보 교환을 위해서는 수식을 표현할 수 있는 기능뿐만 아니라

수식을 이용한 검색 기능, 주제별 색인 구성 기능, 포함된 수식의 연산 처리 기능, 그래프와 도형을 표현하는 기능 등이 추가되어야 할 것이다.

4. 수식 지원 게시판의 적용

본 연구에서 구현한 수식 지원 게시판은 크게 두 가지 형태로 적용될 수 있다. 첫째는 웹을 활용한 교수-학습 자료에서 제작자와 학생간의 의사 소통을 위해 활용될 수 있고, 둘째는 학교 홈페이지 또는 수학 관련 홈페이지에서의 정보교환을 위해 활용될 수 있다. 수식을 사용할 수 있는 게시판은 기존의 게시판에 비해 수학적 정보를 정확히 전달할 수 있으므로 보다 적극적인 학생들의 참여를 유도할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 같은 기대 효과의 검증은 위하여 본 시스템을 중학교 현장에 적용해 보았다.

4.1 적용 대상

개발된 수식 지원 게시판을 경상남도 창원시 소재의 M중학교 3학년 84명을 대상으로 적용하였다.

4.2 적용 내용

중학교 이차함수 단원의 웹 교수-학습 자료에 수식 지원 게시판을 연결하였다. 이는 인터넷을 통하여 이차함수를 공부하던 학생들이 학습 진행 과정에서 발생하는 의문점을 보다 정확하게 전달할 수 있도록 하기 위한 것이다. 또한 학교 홈페이지에 있는 수학교과 교수-학습 게시판을 수식 지원 게시판으로 교체하였다. 이는 해당 교사의 수업과정에서 발생하는 문제들에 대한 의사소통을 위한 것이다.

4.3 적용 결과 및 분석

가. 게시판 사용 빈도

기존의 게시판과 수식지원게시판의 사용 빈도를 비교하기 위하여 「기존의 수학 교과 게시판 사용 회수보다 수식지원게시판의 사용 회수가 많아졌다.」

라는 질문을 학생들에게 주었고, 설문조사 결과는 <표 4>와 같다.

이 질문에 대하여 학생들의 59.5%가 “대체로 그렇다” 이상의 긍정적인 반응을 보여 수식을 사용할 수 있다는 점이 게시판 사용 빈도를 높이는 한 요인이 되었음을 알 수 있다.

<표 4> 게시판 사용 빈도 설문 결과

번호	매우 그렇다		대체로 그렇다		그저 그렇다		대체로 그렇지 않다		전혀 그렇지 않다	
	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)
1	11	13.1	39	46.4	20	23.8	3	3.6	11	13.1

나. 학습에 대한 흥미도

「수식지원게시판을 사용해 보고 나서 수학 공부에 대한 관심이 높아졌다.」는 질문에 대하여 23.8%의 학생들이 “대체로 그렇다” 이상의 응답을 보였으나 “그저 그렇다”라는 응답이 53.6%가 나왔다. 이는 수식지원게시판 만으로는 수학에 대한 학생들의 흥미도를 향상시키기 어렵다는 점을 보여준다고 볼 수 있다. 구체적인 설문 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 학습에 대한 흥미도 설문 결과

번호	매우 그렇다		대체로 그렇다		그저 그렇다		대체로 그렇지 않다		전혀 그렇지 않다	
	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)
2	1	1.2	19	22.6	45	53.6	9	10.7	10	11.9

다. 수식 작성의 편리성

수식작성의 편리성에 대한 「수식지원게시판은 기존의 게시판에 비하여 수식을 작성하거나 사용하기가 편리하다.」라는 질문에 대한 학생들의 응답은 <표 6>과 같다.

학생들의 78.6%가 “대체로 그렇다” 이상의 긍정적인 응답을 보여 수식지원게시판이 수식의 표현 및

교환을 위한 방법으로 활용될 수 있음을 보여주고 있다.

<표 6> 수식 작성의 편리성 설문 결과

번호	매우 그렇다		대체로 그렇다		그저 그렇다		대체로 그렇지 않다		전혀 그렇지 않다	
	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)
3	42	50.0	24	28.6	13	15.5	4	4.8	1	1.2

라. 수업의 효과성

수식지원게시판이 수업의 효과를 높이는 데 도움이 되는지를 알아보기 위하여 두가지 질문을 준비하였다. 「수식지원게시판의 질문 내용과 답변 내용은 기존의 게시판보다 이해하기 쉽다.」 이고, 4-2번 문항은 「수식지원게시판의 질문 및 답변 내용은 수업 내용을 이해하는데 도움이 된다.」이다. 이에 대한 학생들의 응답은 <표 7>과 같다.

<표 7> 수업의 효과성 설문 결과

번호	매우 그렇다		대체로 그렇다		그저 그렇다		대체로 그렇지 않다		전혀 그렇지 않다	
	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)	인원 (명)	백분율 (%)
4-1	15	17.9	41	48.8	23	27.4	4	4.8	1	1.2
4-2	13	15.5	33	39.3	32	38.1	5	6.0	1	1.2

4-1번 문항에 대한 “대체로 그렇다” 이상의 긍정적인 응답은 66.7%이었고, 4-2번 문항에 대해서는 54.8%이었다. 이는 수식을 포함하는 수학적 정보의 활발한 교환이 수업의 효과를 높일 수 있음을 보여준다.

마. 향후 시스템에 대한 희망

향후 시스템에 대한 희망을 조사하기 위하여 「수식지원게시판에서 개선해야 할 점이나 추가되었으면 하는 기능」에 대한 의견을 모았다. 이에 대한 학생

들의 반응을 정리하면 <표 8>과 같다.

<표 8> 향후시스템에 대한 희망 설문 결과

내용	응답자수
단축키, 복사하기, 붙여넣기 등 입력, 편집, 수정의 편의성 향상	19
도움말 기능의 강화	11
글꼴 및 색상 추가, 디자인 개선	11
수식 작성 부분과 게시판기능 부분의 통합	3
도형이나 그래프 기능 추가	3

5. 결 론

정보통신기술(ICT)이 급격하게 발달함에 따라 이를 각 교과의 교수-학습에 활용하여 학습의 효과를 높이려 하는 노력들이 계속되고 있다. 특히 웹을 활용한 상호작용이 가능한 학습 자료 및 수업 방법은 학생들의 흥미를 유발할 수 있을 뿐만 아니라 각 교과의 개념이나 원리를 보다 쉽게 이해할 수 있게 한다.

그러나 수학교과와 경우 수식 사용이 자유롭지 못하다는 이유로 인해 ICT활용 교육에 있어서 다양한 교수-학습 전략을 사용하지 못하고 있다. 이러한 수식 표현의 문제를 해결하고 보다 다양하게 수식 정보를 활용할 수 있도록 하기 위한 노력의 대표적인 것이 MathML이다.

MathML은 XML의 응용 분야이고 수식의 내재적 의미를 포함할 수 있도록 설계되었기 때문에 수식을 자유롭게 표현할 수 있다는 장점뿐만 아니라 수준별 학습자료 개발, 직관적 개념의 시각화, 문제풀이를 위한 웹어플리케이션 개발, 수식을 포함하는 정보 교류 게시판과 같이 다양한 교수-학습 전략에 활용될 수 있다.

본 논문에서는 위와 같은 MathML의 구체적인 활용 방안에 대해 살펴보았고, 수준별 교수-학습자료의 간단한 예와 수식 사용이 가능한 FAQ 게시판을 구성하였다. 수준별 학습자료는 XML형태로 만들어진 교수-학습 자료에서 XSLT를 이용하여 웹브라우

저 화면에 출력되도록 하였고, FAQ 게시판은 기존의 Perl로 만들어진 CGI 형태의 게시판에 MathML을 위한 WebEQ 애플릿을 추가하여 구성하였으며, 설문 조사 결과 이러한 시스템이 수학교과 수업의 효과를 높일 수 있음을 알 수 있었다.

이와 같은 XSLT를 이용한 수준별 교수-학습 자료와 수식 지원 게시판이 보다 효율적으로 활용되고 보편화되기 위해서는 교수-학습 자료 개발을 위한 저작도구의 개발이 이어져야 하고, 수식 정보를 편리하게 활용할 수 있도록 하는 다양한 기능들이 게시판에 추가되어야 한다.

웹의 장점을 활용한 수학교과 교수-학습 자료들은 이미 많이 개발되어 있다. 그러나 자료를 개발하기 위한 노력과 비용에 비해 자료의 활용도는 많이 떨어진다. 대부분 그림 형태로 표현되어 있는 수식은 수식을 사용한 자료의 검색과 다양한 활용을 불가능하게 만든다. 그러므로 XML과 MathML을 기반으로 한 통합적인 관리나 구조적인 검색이 가능한 수학교과 ICT활용 교육 자료개발을 위한 연구가 계속되어야 할 것이다.

Acknowledgment

이 논문은 2002년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 한국교육학술정보원(2001), 교사 ICT활용 교육 연구교재, 경남:경상남도교육청
- [2] 황경아(2000), MathML을 위한 수학적 생성기 구현에 관한 연구, 대전산업대학교 석사논문
- [3] 전영국(2001), Mathematica를 이용한 웹기반 미적분도구의 개발, 한국컴퓨터교육학회 논문지 제4권 제2호: 106-110
- [4] 신수경(2001), MathML을 이용한 중학교 수학문제 유형별 풀이 저작도구 설계 및 구현, 성신여자대학교 석사논문
- [5] 정동욱(2001), 미분계수와 도함수, <http://cont2.edunet4u.net/~edumath/>
- [6] 박종오 김성식(2001), 웹기반 토론수업용 시스템 개발을 위한 고려 요소 분석, 한국컴퓨터교육학회 논문지 제4권 제2호
- [7] 한국교육학술정보원(2001), 정보통신기술 활용 지도자료, 서울:교육인적자원부
- [8] 허준희 이민우 김종민 최한석(2001), jump to XML web programing, 서울:정보게이트
- [9] FunctionLand(2001), <http://cont3.edunet4u.net/~heuigon/sinecurve.htm>
- [10] Hanisoft MathEdit, <http://www.mathedit.com/expression.k.htm>
- [11] TechnoteCGI, <http://www.technote.co.kr>
- [12] Robert Miner, Jeff Schaeffer(2001), A Gentle Introduction to MathML, <http://www.dessci.com/support/tutorials/mathml/default.stm>
- [13] W3C(2001), Mathematical Markup Language Version 2.0, <http://www.w3.org/TR/MathML2/>
- [14] Design Science, MathType, <http://www.dessci.com/features/basic.stm>
- [15] The W3C Math Working Group(2002), Putting mathematics on the Web with MathML, <http://www.w3.org/Math/XSL/>
- [16] Design Science, WebEQ, <http://www.dessci.com/webmath/webeq/features.stm>
- [17] 한국교육학술정보원(2001), 제10회 전국 교육용S/W 공모전 편람, <http://www2.edunet4u.net/contest/>
- [18] LaTeX2HTML, <http://saftsack.fs.uni-bayreuth.de/~latex2ht/>
- [19] The OpenMath Esprit Consortium(2000), The OpenMath Standard, <http://monet.nag.co.uk/cocoon/openmath/standard/omstd.pdf>

저자소개



홍은표

1989 년 3월 ~ 1993년 2월

한국교원대학교 수학교육과 졸업

2000 년 3월 ~ 2002년 8월

창원대학교 교육대학원 졸업

(전자계산교육전공)

2003 년 3월 ~ 현재 창원상남중학교 교사

관심분야: 웹기반교육, 데이터베이스



이수현

1983 년 3월 ~ 1987년 2월

광운대학교 전자계산학과 졸업(학사)

1987 년 3월 ~ 1989년 2월

한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)

1989 년 3월 ~ 1994년 8월

한국과학기술원 전산학과 졸업(박사)

1994 년 9월 ~ 1996년 2월

한국전자통신연구원 선임연구원

1996 년 3월 ~ 현재

창원대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 컴파일러, Web의 교육적 활용,

생명정보학