

컴퓨터 대수 시스템과 웹 연동 기술을 활용한 코스웨어 개발용 웹 매뉴얼 생성기¹⁾

박홍준[†], 전영국[‡], 장문석^{‡‡‡}

요 약

컴퓨터 대수 시스템은 최근 들어 WBI를 위한 웹 콘텐츠 저작을 보조할 수 있도록 웹과 연계된 시스템으로 기술이 변화하고 있다. 본 연구에서는 이러한 변화를 웹 연동 CAS 기술과 교수설계 자동화 기술 측면에서 접근·분석하여 실제 구현되어 있는 웹 연동 CAS 기반의 수학용 웹 콘텐츠 저작 모델들을 몇 가지로 분류하는 작업을 수행하였다. 그리고 그 결과를 토대로 보다 개선된 CAS 기반 웹 콘텐츠 저작 모델을 제안하였다. 또한 이 모델에 주 요소로써 작동하는 웹 매뉴얼 생성기를 Wolfram사의 webMathematica에서 사용하고 있는 MSP 기술을 모체로 하여 직접 개발하였으며, 이 도구를 사용하여 실제 동적인 수학용 웹 매뉴얼을 구현해 봄으로써 그 효용성을 살펴 보았다.

키워드 : 웹 기반 교육, 컴퓨터 대수 시스템, 웹매스매티카

A Web Manual Generator for Courseware Development using CAS and Web Connectivity Technology

Hong-Joon Park[†], Young-Cook Jun^{‡‡}, Moon-Suk Jang^{‡‡‡}

ABSTRACT

In this paper, we present our prototype of a web manual creator that is based on MSP technology embedded in webMathematica. This tool gives courseware authors more simple ways to make their own mathematical web contents. We first classified authoring models for creating mathematical content development and proposed an advanced model. The final application called phpMath can generate MSP-driven documents automatically using Mathematica commands typed by users. In other words, phpMath users can make interactive dynamic mathematical web contents even though they do not know anything about web server, HTML, and webMathematica. We illustrated the details of the prototype from the user's perspectives followed by comments on usefulness.

Keywords : WBI, CAS, webMathematica

1. 서론

CAS란 Computer Algebra System의 약자로 컴퓨터를 이용하여 수학에 관련된 문제를 기호로 처리하여 연산을 수행하는 시스템으로, 수치계산과 대수적 연산을 수행하고 필요한 경우에 연산의 결과를 그래픽으로 처리하는 소프트웨어[1]를 통칭한다.

† 준 회원 : 순천대학교 컴퓨터학과 박사과정
‡ 정 회원 : 순천대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
‡‡ 정 회원 : 순천대학교 컴퓨터학과 교수
논문접수: 2004년 11월 17일, 심사완료: 2005년 6월 13일
1) 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구
(R05-2002-000-00397) 지원으로 수행되었음

1960년대에 배포된 Reduce[2]를 비롯하여 1970년대 Macsyma[3], muMath[4] 등을 시작으로 등장한 CAS는 현재에는 Mathematica[5], Maple[6], MATLAB[7], Derive[8], Magma[9], MuPAD[10], Fermat[11] 등의 유명 제품들 외에도 Maxima, DoCon[12], Axim[13], Yacas 등의 무료 S/W 및 GAP[14], Macaulay[15], Singular, Octave, VEGA 등의 분야별로 특화된 CAS들까지 그 종류와 사용분야가 날로 확대되고 있다.

이렇게 과학 및 공학분야 연구에서 필수 도구로 자리를 잡고 있는 CAS의 연구는 초기의 수치계산, 수식처리, 기호처리, 그래픽처리를 위한 컴퓨터대수 및 이를 수행하는 엔진이나 인터페이스 및 모듈개발 중심연구[16-19]에서 차츰 CAS의 활용에 관한 연구[20-22], 이 중에서도 특히 교육분야에 있어서 CAS를 실제 중등수학, 대학수학과 연계하는 방법에 관한 연구[36-38]가 이루어져 왔으며 근래에는 웹과의 연동에 관한 연구[1,23,24]로까지 영역이 확대되고 있다.

특히 인터넷의 확산과 이를 활용한 웹 기반 교육(Web-Based Instruction)의 등장으로 인해 기존의 stand alone 환경에서 동작하던 CAS가 웹 기반 환경에서 동작해야 될 필요[25]가 가중되어 이를 위한 연구가 활발하게 진행되었고, 그 결과 현재 CAS 시장을 이끌고 있는 주요 개발사들은 이러한 요구를 만족하는 제품들을 내놓고 있다.

이들의 초기형태는 단순히 CAS에서 저작한 전용 문서를 웹상에 게시할 수 있게 해주는 정적인 수준이었으나 차츰 동적인 반응이 가능한 수학을 웹 콘텐츠를 저작하는 수준으로 발전하고 있다.

본 연구에서는 기존의 CAS기반의 웹 저작 모델이 어떠한 과정으로 변화하고 있는지 분석하고 그 특성을 파악하여 몇 개의 모델로 분류하는 작업을 수행하였는데 그 결과, 가장 최근의 모델이 가지고 있는 교수설계 자동화 시스템 구축 측면에서의 문제점을 파악하게 되었고 client 비의존형 동적 CAS기반 웹 저작 모델이라는 보다 개선된 모델을 제안 할 수 있었다.

또한 Wolfram사의 webMathematica에서 사용하고 있는 MSP를 모체로 하여 기존 모델을 보완해 줄 수 있는 보조도구인 웹 매뉴얼 생성기를 개발하여 기존의 webMathematica에 의해 구축

된 CAS기반 웹 콘텐츠 저작 모델에 이를 탑재하여 본 논문에서 제안한 모델을 구현하였다.

그리고 이 모델을 통하여 Mathematica 함수 설명을 위한 실제 웹 매뉴얼을 제작해 봄으로써 이 모델의 효용성과 효율성을 시험하였다.

2. CAS기반 웹 콘텐츠 저작 모델

2.1 CAS와 웹

CAS가 수학과 웹 사이에 끼어들기 이전, 이미 수학 객체들을 웹상에 표현하기 위한 괄목할만한 두 가지 표준화 작업이 이루어졌는데, 이들은 모두 XML을 근간으로 하는 것들로 표시법(notation)에 중점을 둔 MathML[26]과 의미론(semantics)에 주안점을 둔 OpenMath[27,28] 프로젝트였다. 이 프로젝트들은 OpenMath 표준을 기반으로 Maple과 LaTeX의 객체들과 OpenMath 객체들의 변환을 가능하게 했던 PolyMath 그룹의 연구[29]와 MathML 표준을 이용하여 webEQ를 만들어낸 Geometry Technologies에 영향을 주며, 2.2절에 소개할 CAS기반 정적 웹 콘텐츠 저작모델의 근간이 된다.

그러나 실질적인 상호작용이 가능한 웹 콘텐츠를 위해서는 기존의 CAS에 의한 수학객체들이 웹 표준에 맞게 변환되는 수준으로부터 사용자가 웹을 통하여 CAS와 통신이 가능한 수준으로까지 발전해야만 하였다. 결국 이에 관한 연구가 활발하게 이루어져 LHODE 및 PolyHedra 서버[23]를 기점으로 Maplet[30], JavaMath, J/Link등이 개발되었으며, 이 패키지들을 이용한 웹 모듈개발[1], 웹 저작도구와의 통신 등에 관한 연구[24]가 소개되었다. 이들은 2.3절에서 보인 client 의존형과 비의존형 모델의 기반 기술들이 되고 있다.

2.2 정적모델과 동적모델

정적 모델과 동적 모델의 분류기준은 CAS를 사용하여 만든 웹 콘텐츠의 동적 연산의 가능여부이다. 정적 CAS기반 웹 콘텐츠 저작 모델은 위 그림 1과 같이 자체 문서양식과 W3 표준 표

현방식을 지원하는 두 가지 형태로 다시 분류되며 이들은 모두 그래픽 등의 비주얼한 표현 및 GIF 애니메이션이나 Java 스크립트 등을 사용한 단순한 애니메이션 기능을 제공하나 서버측에 존재하는 CAS와 통신을 통하여 상호작용이 가능한 동적 연산 기능은 제공하지 못한다.

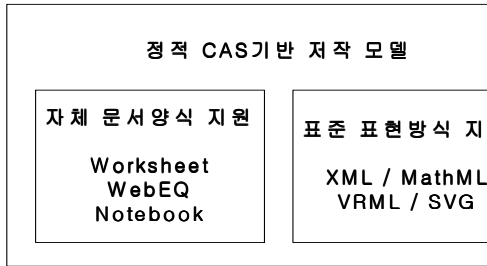


그림 1. 정적 CAS기반 저작 모델

대부분의 CAS는 당연히 자체 문서양식과 표준 표현방식 두 가지를 모두 지원하지만 Maple의 경우는 Worksheet[31], Mathematica의 경우는 Notebook[5] 등의 자체 문서양식을 HTML로 바꾸어 출력을 지원해 주는 방식을 선호하며, MATLAB은 Report Generator[32]라는 별도 패키지를 사용하여 XML, SVG 등의 출력형태를 만드는 방법을 선호하는 경향이 보인다.

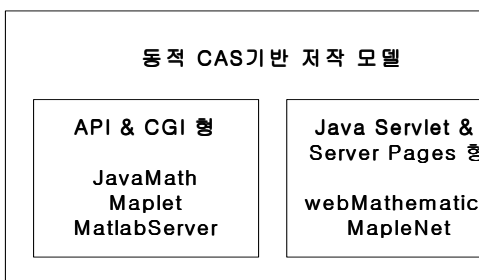


그림 2. 동적 CAS기반 저작 모델

동적 모델은 CAS를 위한 자체 서버가 존재하거나 표준 웹 서버를 서버측에 있는 CAS와 연결해 주는 web linker라는 솔루션이 있어 웹을 통하여 사용자가 CAS와 정보를 주고받는 것이 가능한 시스템을 기반으로 하는 모델로 이러한 시스템에서는 <FORM>문 등을 사용하여 서버에 값을 전달할 수 있도록 저작된 웹문서를 통해 동적인 연산을 수행하는 것이 가능하다.

이러한 동적 CAS기반 저작 모델은 web linker를 구현한 기술의 종류에 따라 그 발전 과정이 비교적 뚜렷이 보이는데 초기단계에서는 전용 API 및 CGI를 직접 개발하여 이들을 사용하는 방식이었다. 대표적인 예가 Maple을 위한 Maplet API, Mathematica를 위한 JavaMath 패키지 그리고 MATLAB의 경우는 MatlabServer라는 자체 서버이다. 그리고, 후속 단계이면서 가장 최근의 형태는 CAS 시장의 메이저 개발사인 MapleSoft사와 Wolfram사가 내어놓고 있는 Java 서블릿과 Server Pages기술에 의한 형태가 있다. 이들의 예는 각각 webMathematica와 MapleNet이다.

2.3 Client 의존형과 비의존형 모델

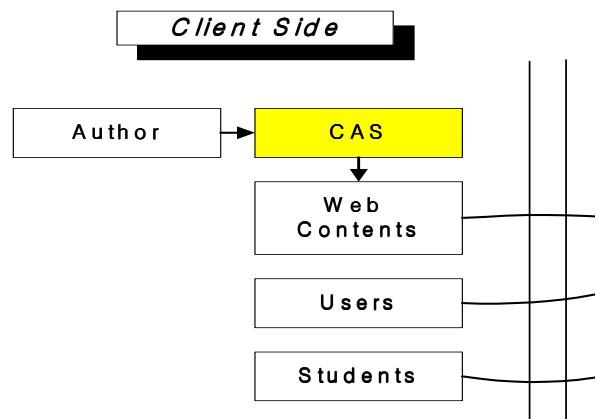


그림 3. 정적 Client 의존형 저작 모델

CAS 기반의 웹 콘텐츠 저작 모델에 있어서 client 의존형과 비의존형의 분류 기준은 저작용 S/W가 client측에서 작동되느냐 서버측 시스템에서 작동되느냐이다. 이는 또한 client측 시스템에서 저작되더라도 서버측 시스템이 CAS와 연동한 동적연산이 가능한 환경인가 아닌가로 구분된다.

위 그림 3은 정적 client 의존형 CAS 기반 웹 콘텐츠 저작 모델로 여기서는 client 시스템에서 CAS를 사용하여 HTML로 변환하였거나 또는 적절한 HTML 에디터나 다른 S/W를 써서 웹 문서를 만들어 서버측에 전송하여 저작하는 모델을 보여준다.

이 모델은 원시적인 CAS기반 웹 저작 모델이

라 할 수 있으며 CAS도 client 쪽에 설치되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 시스템에서는 모든 저작자가 CAS와 웹 저작도구를 자신이 사용하는 모든 client 시스템에 설치하여야 한다.

그림 4는 앞서 소개한 정적 client 의존형 CAS 기반 웹 콘텐츠 저작 모델보다 기술적으로 향상된 모델로 여기서는 CAS가 서버측에 탑재되어 있어 동적 웹 콘텐츠를 지원할 뿐 아니라 client 시스템에서는 CAS 없이 웹 저작용 에디터나 해당 S/W만으로 웹 문서를 서버측에 전송하여 저작하는 형태이다.

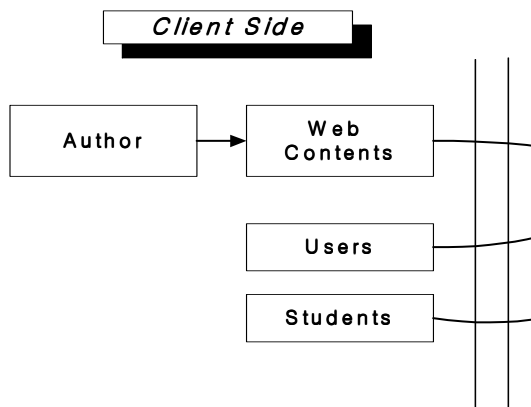


그림 4. 동적 Client 의존형 저작 모델

이 모델은 현재 사용되고 있는 가장 현실적인 CAS기반 웹 저작 모델이라 할 수 있으며 동적 연산이 가능한 CAS 기반의 수학적 웹 콘텐츠를 간편하게 저작하기 위한 최적의 환경을 제공한다. 그러나 아직도 client 쪽에서 웹 콘텐츠가 저작되어 다시 서버쪽으로 전송되어지는 형태이며, 이 모델 역시 저작자가 웹 디자인 등 저작에 대한 배경지식과 웹 서버에 관한 기술적인 경험이 요구된다는 문제점을 가지고 있다. 그리고 웹 저작도구 또한 CAS의 특성을 반영해주는 전용 저작도구가 아닐뿐더러 client 쪽의 시스템에 설치해야 하는 경제적 부담을 가지게 된다.

물론 이 모델이 사용자에게 훌륭한 수학적 웹 콘텐츠 개발환경을 제공해 주며 최근의 모델을 대표하고 있으나 단순히 저작환경을 제공하는데 그치고 있으며, 저작자의 편의를 고려한 저작도구가 결여되어 있다는 문제점을 가지고 있다.

결국 client 의존형은 앞서 제시한 여러 단점들을

극복하기 위하여 본 논문에서 제안하는 동적 client 비의존형 CAS기반 웹 콘텐츠 저작 모델로 발전해 갈 필요가 있다.

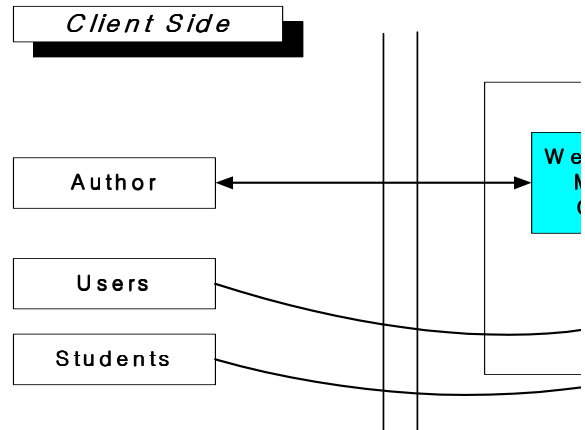


그림 5. 동적 Client 비의존형 저작 모델

그림 5와 같이 이 모델에서는 해당 CAS에 최적화 되어있는 전용 웹 저작도구가 서버내에 적재되도록 설계되어 있다. 이 모델에서 저작자는 일체의 기술적인 부담이 없는 상태에서 CAS 기반의 동적 수학적 웹 콘텐츠를 기획·설계하고 내용을 구성하는 작업에만 전념할 수 있게 된다.

3. Web-based Manual Generator

3.1 웹 매뉴얼 생성기의 소개

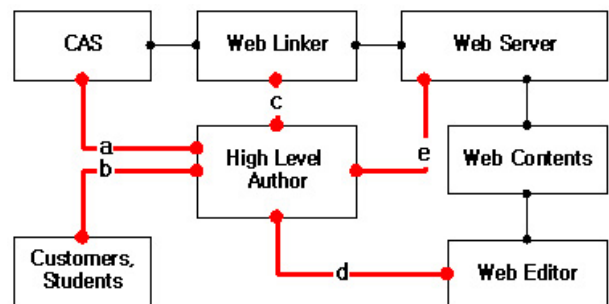


그림 6. 단순 CAS기반 웹 콘텐츠 저작

현재의 CAS를 이용하여 수학적 웹 콘텐츠를 만드는 가장 편리한 환경은 그림 6과 같다. 이는 그림 4의 동적 client 의존형 CAS기반 웹 콘텐츠 저작 모델을 저작자에게 요구되는 배경지식 측면

에서 그린 것으로, 여기서 알파벳과 함께 진하게 연결된 선들은 저작자가 갖추어야 할 지식을 의미하며, 이 굵은 선을 지식선이라 칭하였다. 즉 CAS와 웹서버를 연결해 주는 솔루션인 web linker의 특성(c)과 웹 문서를 저작(d)하고 이를 웹에 옮기는 방법에 대한 지식(e)이 필요하다.

webMathematica를 사용하는 경우를 예를 들면, webMathematica가 웹링크에 해당하게 되는데 사용자는 webMathematica의 MSP 스크립트가 수행될 수 있는 시스템 내부의 폴더 위치와 그 폴더에 접근하는 방법, MSP 스크립트에 대한 지식, HTML을 사용하여 웹 문서를 디자인하고 제작하는 능력[33]이 필요하다.

이 모델에서의 저자는 해당 CAS에 대한 경험과 지식(a), 그리고 학습자, 혹은 소비자의 특성과 이들에 대한 경험을 바탕으로 하여 콘텐츠 내용을 구성하는 능력(b)이 있다고 전제하므로 그림 6에 표시한대로 전공 지식과 경험 외에 기술적으로도 전문가 수준의 능력을 가진 자만이 운용자가 될 수 있다. 단순하게 정량적으로 표현한다고 하더라도 총 5개의 지식선을 필요로 한다.

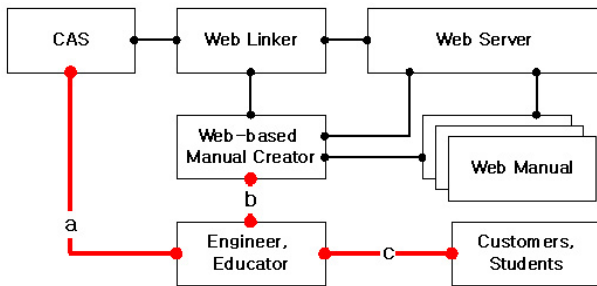


그림 7. 웹 매뉴얼 생성기가 포함된 CAS기반 웹 콘텐츠 저작

그림 7은 본 논문에서 제안하는 CAS를 이용한 웹 콘텐츠 저작 시스템이다. 여기서는 웹 매뉴얼 생성기가 저작자와 web linker 사이, 그리고 저작자와 웹 콘텐츠 사이에 끼워진다. 이리하여 그림 7의 시스템에서는 저작자가 web linker나 웹 문서에 대한 지식이 없이도 수학적 웹 콘텐츠를 만들 수 있다. 즉 이 모델내에서 저작 활동을 하는 교수자는 웹 매뉴얼 생성기의 사용법(b), CAS에 대한 지식(a) 그리고 학생이나 소비자에 대한 지

식(c)만 있으면 된다. 정량적으로 3개의 지식선이 요구될 뿐이다.

또한 웹 매뉴얼 생성기는 저작자에게서 웹 서버와 web linker에 대한 지식과 경험의 요구라는 부담을 경감시켜 주는 일차적인 기능 외에도 템플릿에 맞게 자동으로 최종 문서를 생성하고 저장까지 수행하는 역할을 한다. 이는 매뉴얼처럼 포맷이 규격화되고 대량인 저작활동이 많은 교수자들에게 효율적이고 편리한 WBI 자료 제작이 가능하게 해준다.

3.2 웹 매뉴얼 생성기의 이점

MSP[33]는 Mathematica Server Pages의 약자로 webMathematica가 지원하는 자체 스크립트이다. 이는 JSP나 PHP와 마찬가지로 웹문서 내에 태그를 삽입하는 것만으로 Mathematica와 통신을 하도록 해주는 막강한 요소이다.

Mathematica 명령줄을 적절한 MSP 태그를 사용하여 HTML에 추가만 하면 저작자는 동적 연산이 가능한 수학적 웹 콘텐츠를 간단하게 만들 수 있다. 즉, webMathematica를 이용하여 동적 상호작용이 가능한 수학적 웹 콘텐츠를 작성하는 것은 다른 솔루션과 비교할 때 상당한 강점을 갖는다.

이를 정리하면 우선, 앞서 소개한 MSP 태그를 바로 웹 문서에 삽입하는 것만으로 Mathematica를 완벽하게 제어할 수 있는 간편함을 들 수 있으며, 두 번째로는 일단 만들어진 웹 페이지에 대해서는 다른 어떤 소프트웨어의 관여 없이 웹 브라우저만으로 접근과 실행이 가능하다는 독립성을 들 수 있다. 그런데 이 과정에서 웹 콘텐츠를 저작하는 교수자에게는 Java SDK, Java 서블릿, 웹서버, Mathematica, webMathematica 등을 성공적으로 설치해야 하는 단회적인 부담 외에도 CAS의 명령코드를 적절한 MSP 태그로 바꾸는 작업과 그 코드를 HTML 문서 내에 정확하게 삽입하는 작업을 수행해야 한다.

이는 실제 콘텐츠의 내용구성에 쏟아야 할 교수자의 역량을 HTML문서의 디자인 및 작성, MSP에 대한 연구, 서블릿과 웹서버에 대한 광범

위한 지식의 습득과 숙달이라는 또 다른 소모적인 문제에 분산시키는 결과를 초래한다.

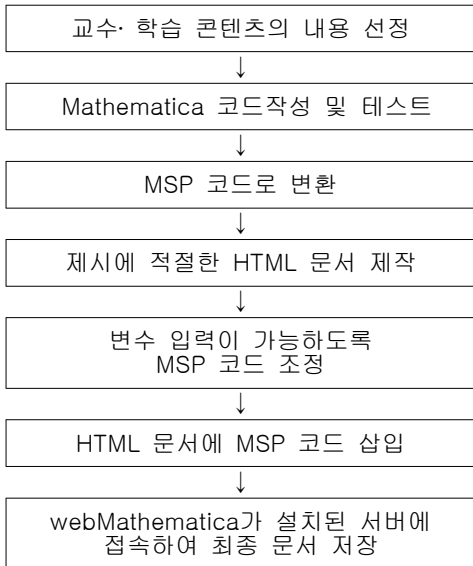


그림 8. phpMath 없이 콘텐츠 제작하기

그림 8은 webMathematica만으로 웹 콘텐츠를 제작할 때 교수자가 수행해야 할 과정을 도식화한 것이다.

첫째 웹 매뉴얼에 답을 콘텐츠를 선정해야 한다. 이 과정은 어떠한 내용을 답을 것인지 어떠한 인지전략을 이용하여 사용자를 이해시킬 것인지 또는 주의집중을 피할 것인지에 대한 모든 고려가 선행되는 과정으로 교과지식에 대한 해박함 외에도 교수학습 이론에 대한 지식과 경험이 중요하게 요구되는 과정이다. 두 번째는 선정된 내용을 Mathematica에서 테스트하며 최종 코드를 작성하는 과정이다. 이 과정에서는 웹 매뉴얼을 만드는 저작자에게 Mathematica에 대한 지식과 경험이 반드시 선행되어야 할 능력으로 작용한다.

세 번째 이렇게 테스트까지 거친 CAS용 코드를 적절한 MSP 태그로 감싸서 webMathematica에서도 번역 가능하도록 바꾸는 과정이다. 저작자는 기본적으로 MSP 태그에 대한 지식과 구사 능력이 필요하다.

네 번째 과정은 첫 번째 과정에서 선정된 내용과 제시하려는 방법 등을 제대로 담아 낼 수 있

는 틀을 가지고 있는 사이트의 레이아웃을 정하는 과정으로 여기서 저작자는 HTML에 대한 지식과 디자인 감각이 필요하다.

다섯 번째 과정은 동적으로 운용되는 웹 매뉴얼을 작성하고자 할 경우 매우 중요한 과정으로 사용자가 입력한 값이 전달될 수 있는 HTML의 태그들, 예를 들면 <FORM> 태그 등을 이용하여 값이 MSP 변수로 전달될 수 있도록 하는 작업이다. 여기서 저작자는 HTML 태그에 대한 지식과 <FORM> 태그에 관련된 지식, 그리고 MSP에서 변수를 넘겨주기 위한 태그에 대한 지식이 필요하다.

여섯 번째 과정에서는 이렇게 만들어진 MSP 스크립트와 변수 전달 태그들을 인수교환에 성공하여 아무 이상 없이 페이지가 보여질 수 있도록 HTML 문서내에 정확하게 삽입하는 과정이다.

마지막 과정은 이렇게 최종적으로 만들어진 웹 매뉴얼 문서를 webMathematica가 설치된 시스템의 특정 폴더에 저장하는 과정으로 이 과정에서는 저작자에게 웹서버에 관한 기본적인 소양과 리눅스나 NT 등의 다중사용자 기반 시스템에서의 소유권이나 권한에 대한 지식이 요구된다.

이상의 과정을 분석해 볼 때 webMathematica의 막강함 이면에는 저작자가 넘어야 할 기술상의 문제가 다수 존재한다는 것을 알 수 있다. 결국, 이러한 문제를 해결해 줄 수 있으며, 작성상의 용이함까지 제공해 줄 수 있는 중간자적인 솔루션이 필요하다는 결론을 얻게 된다.

그림 9는 phpMath를 사용하여 콘텐츠를 만들 때의 작업순서로 간단한 과정만으로도 동적 및 그래픽 요소를 갖는 수학용 웹 콘텐츠를 만들 수 있도록 해주는 것을 확인할 수 있다.

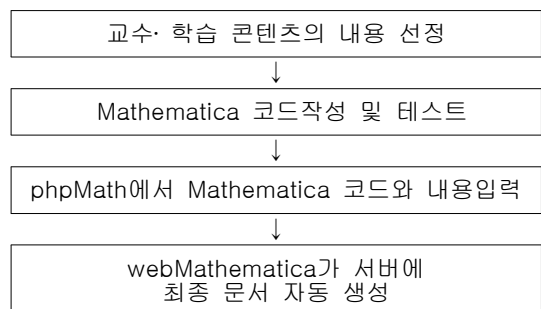


그림 9. phpMath를 사용하여 콘텐츠 제작하기

본 연구에서 개발한 버전은 3줄의 코드까지만 해석할 수 있는 자체 MSP 분석기를 탑재하고 있는데 학습콘텐츠 제작자는 Mathematica 명령어 코드를 작성하고 이 코드 중 변수로 설정하고 싶은 부분에 대한 결정만 하고 입력해 주면 알아서 MSP 태그를 포함한 상호작용이 가능한 웹문서로 바꾸어 준다.

이때 웹문서의 디자인도 템플릿 개념을 사용하여 설계하고 구현되었는데, 본 프로그램에서 사용한 템플릿에 대한 간단한 원리의 이해만으로 차후 원하는 디자인을 교수자가 자신의 수업내용에 가장 적절하다고 판단되는 템플릿을 작성하여 바꾸어 사용할 수 있다.

결국 사용자는 효과적인 콘텐츠 내용에 집중할 수 있으며 학습자는 학습자 수준에 맞는 쉬운 인터페이스를 가진 훌륭한 상호작용이 가능한 수학적 웹 매뉴얼을 사용하여 학습을 할 수 있게 된다.

3.3 개발 환경

본 웹 매뉴얼 생성기는 동작의 모체로 하고 있는 webMathematica와 구분된 서버에서 작동되는 것이 안정적인 것이라는 판단에 동일 머신이지만 webMathematica가 돌아가고 있는 JSP기반의 Tomcat 서버와는 별개로 운용되는 Apache 서버 기반의 PHP로 개발하였다.

표 1. phpMath 개발환경

패키지의 버전 및 배포형태
J2SDK(Java2 version 1.4.0 binary)
Jakarta Tomcat(version 3.3.1)
J/Link(version 2.0B)
Mathematica 1.4.0
webMathematica 1.0
Linux(Mandrake 8.2 / Kernel 2.4.18)
Apache(version 1.2.23)
PHP (version 4.1.2)

이런 이유로 프로그램의 이름도 phpMath라 하

였다.

phpMath의 개발에 사용된 여러 패키지과 개발 환경은 표 1에 정리한 바와 같다.

3.4 구성 및 작동

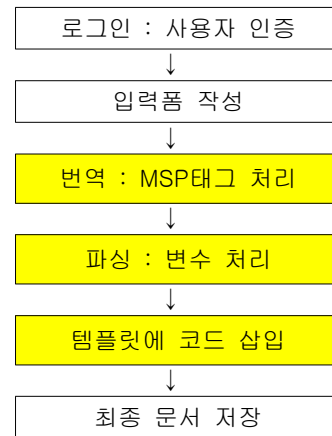


그림 10. phpMath의 작동

phpMath는 그림 10과 같은 6 단계를 거치며 최종 문서를 생성해 낸다. 먼저 서버 내부에 파일을 쓰는 작업이 수반되기 때문에 이를 악용한 피해를 막기 위해 사용자 로그인 과정이 포함되어 있으며, 인증절차 후 웹 매뉴얼을 위한 내용과 Mathematica 명령줄 등을 입력할 수 있는 폼 제시 과정에 들어간다. 여기서 데이터를 입력한 후 등록 시키면 입력된 데이터가 처리를 위한 내부 모듈로 전달된다.

내부 모듈은 번역기, 파서, 템플릿 합성기의 세 부분으로 되어 있는데, 먼저 번역기는 사용자가 입력한 Mathematica 명령줄에 적절한 MSP 태그를 첨가한다. 이 과정이 끝나면 파서가 동적 웹 콘텐츠에서 변수로 처리되어야 할 부분을 구분하여 최종적인 MSP 코드를 만든다. 그리고 다음엔 phpMath에 포함되어 있는 HTML문서 템플릿의 내부에 사용자가 입력한 단순 설명 내용과 파싱까지 완료된 최종 MSP 코드를 삽입한다.

이 과정을 거치면 상호작용이 가능한 수학적 웹 매뉴얼 페이지를 위한 HTML 문서가 완성된

것인데, 마지막으로 생성모듈에서 웹서버의 해당 폴더에 이 문서를 저장한다.

3.5 화면과 동작과정

그림 11은 로그인 화면으로 사용자가 phpMath의 주소를 입력하면 만나게 되는 시작페이지이다. 로그인을 거쳐 인증에 성공하면 그림 12의 새 페이지 생성 화면으로 들어가게 되는데, 여기에 교수자는 미리 설계하고 테스트한 Mathematica 명령줄과 이를 설명해 주는 간단한 주석 등을 해당 입력란에 입력하고 등록버튼을 눌러 준다.

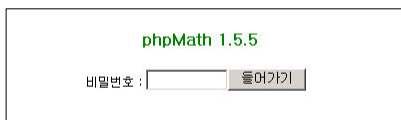


그림 11. 로그인 화면

이때 작성자는 최종적으로 보여질 결과화면에 대해 phpMath에서 기본으로 제공하는 그림 13의 템플릿[19]을 참고할 수 있으며 이러한 템플릿은 나중에 새로운 형태로 재구성할 수 있다. 그림 13에서 [Title]에 들어갈 내용은 그림 12의 새 페이지 생성 화면의 타이틀 박스 내용에 해당되며, 그림 13의 [Content]에 들어갈 내용은 그림 12의 설명 박스 내용에 해당한다.

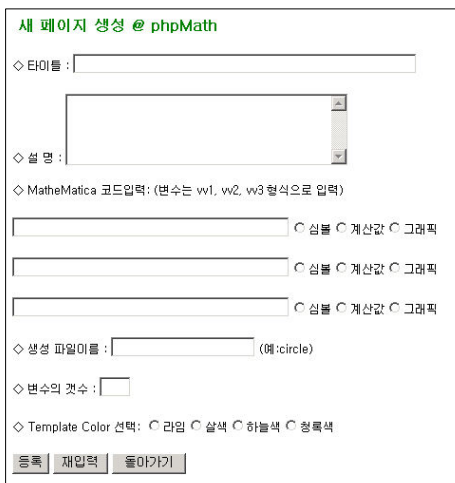


그림 12. 새 페이지 생성 화면

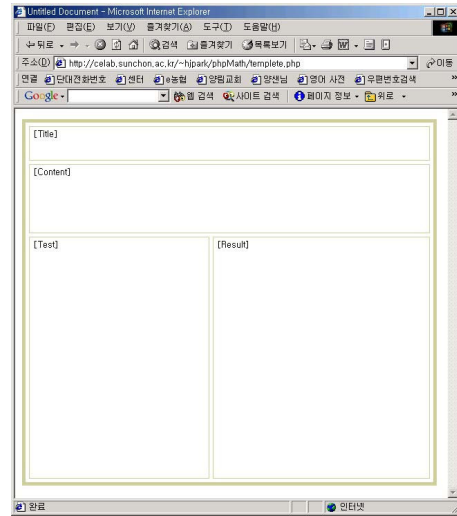


그림 13. 템플릿 화면

그림 12의 폼을 완성하고 등록버튼을 눌러 내 부처리 과정이 성공적으로 수행되면 그림 14와 같이 수행된 결과가 보고서 형식으로 제시된다. 이 보고서에는 Mathematica 코드 입력창에 입력한 구문이 어떻게 해석 되었는지와 MSP 태그가 첨부된 결과를 보여준다. 그리고 사용자가 지정한 파일명으로 생성된 웹 매뉴얼의 주소가 문서의 하단부에 붉은색으로 제시된다.

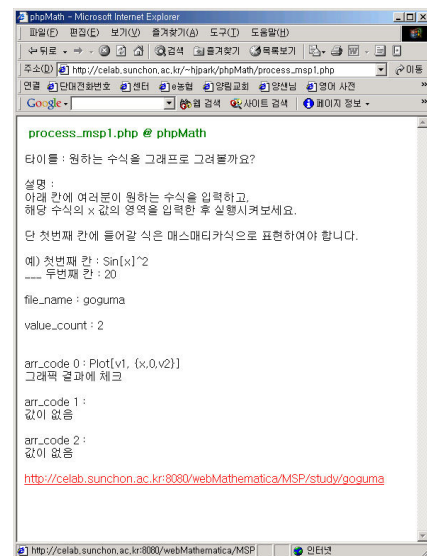


그림 14. 보고서 화면

그림 15는 그림 14의 화면에 제시된 주소 링크를 클릭하면 보여지는 페이지로 교수자는 이 주

소를 직접 학습자들에게 제공하거나 혹은 자신이 기획하고 있는 웹 페이지에 서브 링크로 사용할 수 있다. 즉 교수자는 그림 15와 같은 페이지를 모아 원하는 형태로 링크시킴으로써 상당한 규모의 동적인 수학 학습 사이트 및 수학 관련 매뉴얼을 손쉽게 만들 수 있다.

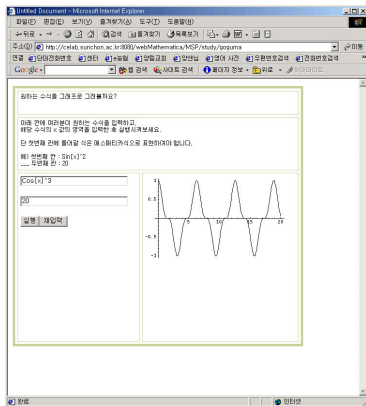


그림 15. 자동 생성된 페이지

4. 웹 매뉴얼 구현

4.1 Mathematica 함수를 위한 웹 매뉴얼

Mathematica의 수많은 함수를 소개하고 웹상에서 직접 동적으로 그 작동을 확인해 볼 수 있는 사이트를 만드는 것은 시간적, 경제적으로 상당한 작업량이 요구될 것이다. 반면 phpMath는 이러한 대량의 소모적인 생산 작업에 매우 유용한 도구로써 개발하였기 때문에, 위의 기능을 수행하는 사이트를 만드는 작업은 phpMath의 효용성과 효율성을 시험하기 위한 좋은 과제라 판단되었다. 그리하여 phpMath를 사용하여 총 25개의 함수에 대하여 웹 매뉴얼을 구현하였다.

4.2 웹 매뉴얼의 구성

phpMath를 시험하기 위한 Mathematica 함수 웹 매뉴얼은 numerical computation 분야의 함수 14개, mathematical function 분야의 함수 8개, 그리고 graphics & sounds 분야의 함수 3개 등 총 25개의 함수로 구성되어 있다.

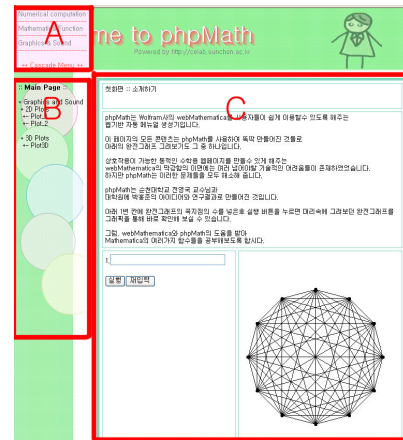


그림 16. 매뉴얼의 프레임 구성

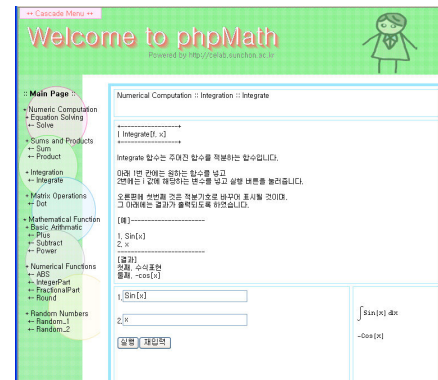


그림 17. Integrate[]

본 웹 매뉴얼의 프레임 구성은 그림 16에 보인 바와 같이 A, B, C 세 개의 영역으로 구분하여, A 영역에서는 함수의 대분류를 선택하도록 하였고, B 영역에서는 해당 대분류에 포함된 함수들을 선택하도록 하였으며, C 영역에서는 선택한 해당 함수의 동적인 매뉴얼 페이지가 보여지도록 하였다.

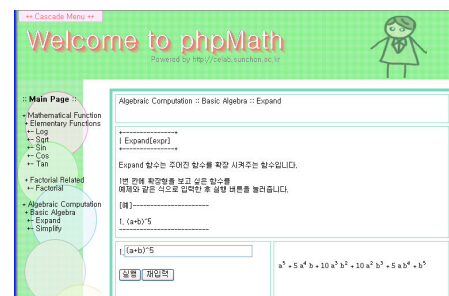


그림 18. Expand[]

그림 17에서 그림 20까지는 최종 완성된 웹 매뉴얼을 이루고 있는 페이지들 중 각 분야를 대표할 수 있는 함수들에 해당하는 것들이다.

그림 17은 numerical computation에 포함된 Integrate[] 함수를 위한 페이지이며, 그림 18은 mathematical function에 포함된 Expand[] 함수를 설명하기 위한 페이지이다. 대수적인 연산은 물론 수학적 기호를 완벽하게 표시해 주는 동적인 웹 매뉴얼을 구성하고 있다.

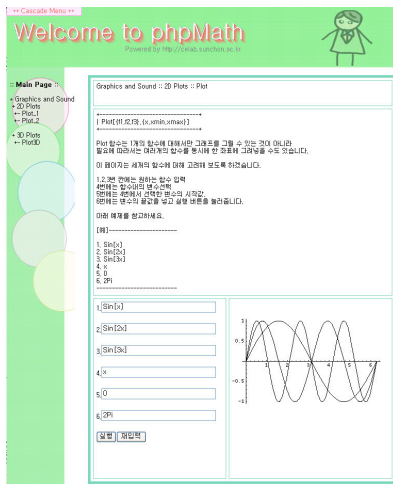


그림 19. Plot []

그림 19와 그림 20은 graphics & sounds 분야에 포함된 Plot[]과 Plot3D[] 함수를 설명하기 위한 페이지들로 동적으로 그래픽을 생성해 주는 동작이 잘 수행되는 것을 확인할 수 있다.

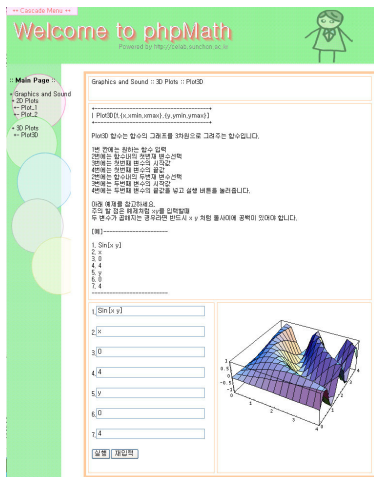


그림 20. Plot3D[]

이 웹 매뉴얼을 만드는 작업은 실제로 교수자가 고민해야 할 콘텐츠의 내용을 Mathematica 사용자 매뉴얼[34]을 토대로 하였으므로, phpMath에 함수와 내용만 입력하는 작업에 불과하였다. 소요시간 또한 phpMath 없이 저작하는 것에 비해 정량적으로 비교하지 않아도 될 정도로 단축되었음을 짐작할 수 있었다. 그럼에도 불구하고 안정적이고 사용자에게 즉각적인 피드백을 제공하는 수학적 그래픽 웹 매뉴얼이 완성된 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 과제

본 논문의 후반부에서 기술한 Mathematica 함수를 위한 웹 매뉴얼의 구현 결과를 볼 때 현 버전의 phpMath가 현장 실정에 꼭 필요한 웹에서의 수식표현, 수식 결과의 그래프처리, 상호작용이 가능한 동적 연산 등이 가능한 수학적 콘텐츠를 만드는 데 매우 유용한 도구라는 것을 확인할 수 있다. 그리고 3장에서 보인 기존 모델과 제안한 모델에서의 저작자에게 요구되는 지식의 요구량을 비교해 볼 때 client 비의존형 동적 저작모델이 기존의 모델보다 정량적으로도 2가지의 배경지식에 대한 부담을 경감시켜 주어 결과적으로 저작과정의 간소화로 효율적인 콘텐츠 개발을 가능하게 해주는 것을 볼 수 있다. 즉 교수설계 자동화 기법이 도입되어 저작 기능을 간소화하여 필요한 기능을 쉽게 구현[35]하는데 초점이 맞추어져 있다.

현재 phpMath는 3줄 이하의 코드에 대해서만 변환이 가능한 제한점을 갖고 있는데 저작의 특성상 복잡한 CAS 기능을 구현할 수 있도록 기능을 확장할 예정이다. CAS의 기능을 단순하게 사용하면 알고리즘의 과정에 대한 이해 없이 고급 계산기를 사용하는 결과를 낳게 되므로 데이터 조작과 알고리즘 탐구를 나선적으로 제시하는 창의적 단계를 밟아나가도록 하는 기능[22]을 추가하는 것이 필요하다.

사용자 인터페이스를 고려한 차후 과제로는 웹상에 만들어진 최종 결과물을 웹상에서 편집이 가능하도록 해주는 기능, 그리고 현재 버전보다 훨씬 손쉽게 템플릿을 재구성하거나 교체할 수

있는 기능이 추가되어야 할 것으로 보인다. 마지막으로 각각의 교수·학습 상황에 따른 WBI 유형을 감안하여 최적의 템플릿을 찾는 연구[17,18]가 필요하다. 이것을 토대로 사용대상자의 반응을 형성평가하여 템플릿을 수정하는 작업을 향후 과제로 남겨 둔다.

참 고 문 헌

- [1] 전영국 (2001). Mathematica를 이용한 웹기반 미적분 모듈의 개발. 컴퓨터교육학회논문지, Vol.4 No.2, pp. 105-114.
- [2] Anthony C. Hearn(1973), The REDUCE Program for Computer Algebra. Proc. Third Colloq. on Advanced Computing Methods in Theoretical Physics, CNRS, Marseilles.
- [3] Pavelle R., Rothstein M., and Fitch J.(1981). Computer Algebra. Scientific American, 245, 136-52.
- [4] A brief history of the muMATH / Derive CASs, <http://www.derive-europe.com>
- [5] 김영익, 이규봉(1999). 아름다운 수학 Mathematica와 함께. 교우사.
- [6] 최재룡, 전영국, 추인선(2002). Maple의 길잡이. 교우사.
- [7] 김창근(2002). MATLAB 사용법과 그 응용. 교우사.
- [8] Bernhard Kutzler and Vlasta Kokol-Voljc (2000). Introduction to Derive 5 - A book for learning how to use Derive 5. Texas Instruments.
- [9] Bosma, W and Cannon, J. J.(1995). Handbook of Magma Functions. University of Sydney.
- [10] Oevel, Wehmeier and Gerhard(2002). The MuPAD Tutorial. SciFace Software GmbH & Co.
- [11] Robert H. Lewis(2002). Fermet User's Guide For Windows95/98/NT. <http://www.bway.net/~lewis/>
- [12] Serge D. Mechveliani(2002), DoCon - The Algebra Domain Constructor Ver. 2.06 User Manual. Program System Institute.
- [13] Richard D. Jenks and Robert S. Sutor (1992). AXIOM : the scientific computation system. NAG Ltd.
- [14] The GAP Group(2004). GAP Release 4.4.2 - A Tutorial. <http://www.gap-system.org/Manuals/doc/>
- [15] Dave Bayer and Mike Stillman(1993). The Macaulay Manual. <http://www.math.columbia.edu/~bayer/Macaulay/>
- [16] 류희찬, 조완영(1998). 컴퓨터를 이용한 수학적 표현에 관한 연구. 대한수학교육학회 논문집 제 8권 제 2호, pp. 651-662.
- [17] Kajler, N. (Ed.) (1998). Computer-Human Interaction in Symbolic Computation. Springer-Verlag/Wien.
- [18] Bundy, A. (1983). The computer modeling of mathematical reasoning. Academic Press, London.
- [19] 송기홍 (1995). 수학적 개념의 형상화를 위한 컴퓨터 화면 구성. 대한수학교육학회논문집, 5(1), pp. 55-64.
- [20] 성시영, 윤복식(1995), 수학교육에서의 Mathematica의 활용, 대한수학교육학회논문집 제 5권 제 1호, pp.157-168.
- [21] 정상권, 추상목 (1999). 수학교육에서의 Maple의 활용방안. 대한수학교육학회지 <학 교수학> 제 1권 제 1호, pp. 157-185.
- [22] Buchberger, B. (1990). Should students learn integration rules?. ACM SIGSAM Bull.(24), pp. 10-17.
- [23] Le, Ha. Quang (1999). Client-server communication standards for mathematical computation. Unpublished master thesis, University of Waterloo, Canada.
- [24] Keehong Song(2003). Flash-Enabled User Interface For CAS. Workshop at ISSAC 2003.
- [25] 박종선(1999). 웹기반의 적응적 코스웨어 설계를 위한 탐색지원기법에 관한 고찰. 교육

공학연구 15(1), pp. 65-89.

- [26] S. Buswell, S. Devitt, A. Diaz, N. Poppelier, B. Smith, N. Soiffer, R. Suter and S. Watt (1998). Mathematical Markup Language (MathML) 1.0 Specification. <http://www.w3.org/TR/1998/REC-MathML-19980407>
- [27] J. Abbott, A. van Leeuwen and A. Strotmann (1996). Objectives of OpenMath. Technical Report 12, RIACA.
- [28] O. Caprotti and A. M. Cohen (1998). The OpenMath Standard. <http://www.nag.co.uk/projects/OpenMath/omstd/>
- [29] The PolyMath Development Group(1996). Semantic Identification and Translation Research. <http://pdg.cecm.sfu.ca/semantics/>
- [30] Waterloo Maple Inc. (2001). Maplets Beginner's Guide.
- [31] Waterloo Maple Inc. (2003). Maple 9 Learning Guide.
- [32] The MathWorks Inc. (2004). MATLAB External Interface.
- [33] Tom Wickham-Jones(2001). webMathematica: A User Guide, Wolfram Research, Inc.
- [34] Wolfram, S. (1996). The Mathematica Book. Wolfram Media and Cambridge University Press.
- [35] 전영국(1998). 교수 설계 자동화 시스템 개발을 위한 이론적 고찰. 컴퓨터교육학회 논문집 1(1), pp. 127-138.
- [36] 김병무 (2001). 대학수학에서 Mathematica를 이용한 π 의 계산. 한국수학교육학회지 <수학교육논문집> 제 11집, pp. 307-319.
- [37] 정영복(1999), MATHEMATICA의 중등수학교육 활용방안, 고려대학교 교육대학원 수학교육전공 학위논문.
- [38] 허혜자(1998), Mathematica를 활용한 수학교지도, 대한수학교육학회 논문집 제 8권 제 2호, pp.541-551.

박 흥 준



2002 순천대학교 컴퓨터교육과 (이학사)
 2005 순천대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)
 2005 ~ 현재 순천대학교 박사과정

관심분야: AI, WBI, CAS, ITS
 E-Mail: hjpark@sunchon.ac.kr

전 영 국



1986 수원대학교 수학과 (이학사)
 1990 시카고주립대학교 (수학과 이학석사)
 1995 일리노이대학교 어바나-샴페인 (교육학박사)

1996 ~ 현재 순천대학교 컴퓨터교육과 부교수
 관심분야: 지능형교수시스템, WBI, HCI
 E-Mail: ycjun@sunchon.ac.kr

장 문 석



1983 광운대학교 전자계산학과 (이학사)
 1985 광운대학교 전자계산학과 (이학석사)
 1995 광운대학교 전자계산학과 (이학박사)

1988 ~ 현재 순천대학교 컴퓨터과학과 부교수
 관심분야: 인공지능, 운영체제, GIS
 E-Mail: jang@sunchon.ac.kr