Theorema 시스템을 응용한 TI-92 매뉴얼 생성기 개발

전영국†

요 약

알고리즘을 컴퓨터로 구현하여 수식 입력에 대한 출력을 과정없이 보여주는 프로그램이 컴퓨터 대수 시스템이다. 이 시스템에 연역적 추론을 자동화하는 과정을 수행하는 자동 연역 시스템을 결합하는 시도로 구현된 것이 Theorema 시스템이다. 오스트리아의 RISC 연구소에서 개발된 이 시스템은 Mathematica의 rewriting 기법을 사용하여 구현되었는데, 계산과 문제 해결, 증명을 할 수 있는 모드를 지원하고 있다. 본 논문에서는 계산 모드의 Theorema 언어를 구사하여 TI-92 그래픽 계산기에 탑재된 Derive 시스템의 일부를 시뮬레이션한 결과를 토대로 TI-92 매뉴얼을 Mathematica notebook의 형태로 생성하는 도구를 개발한 내용을 소개한다. 또한, 이렇게 하여 생성된 매뉴얼이 자바 서브릿을 통하여 웹기반 학습용 인터페이스로 연계되는 일련의 과정을 제시한다.

Development of a TI-92 Manual Generator Based on the Theorema System

Youngcook Jun†

ABSTRACT

Theorema system is built on top of Mathematica to automate deductive reasoning processes as the combination of computer algebra system and deductive system. Theorema system that was developed at RISC in Austria provides three modes based on rewriting techniques; computation, problem solving and proving. This paper shows how the computation mode of Theorema can simulate Derive part for TI-92 graphic calculators to produce TI-92 manuals. Moreover, it also describes how such manuals can be converted to web-based learning materials via Java servlet.

1. 서 론

Mathematica 또는 Maple과 같이 수학적 문제 해결의 알고리즘을 컴퓨터 프로그램으로 개발된 것이 컴퓨터 대수 시스템(Computer Algebra System, 이하 CAS)이다[7, 16, 25, 26]. 이런 소프트웨어는 수치 계산을 수행할 뿐만 아니라 기호를 이용하여 대수적 처리를 하고 필요한 경우에 연산의 결과를 그래픽으로 처리하는 장점을 가지고 있다. 이러한 소프트웨어 중에서 특히 교육용으로 개발된 것이 Derive이며 이것은 그래픽 계산기(예, TI-92)에 탑재되어 있다[22]. 컴퓨

† 정 회 원: 순천대학교 컴퓨터교육과 교수
논문접수: 2002년 6월 12일, 심사완료: 2002년 7월 7일
* 본 논문은 2000년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음. (KRF-2000-CA0109)

터 대수 시스템은 최근 버전 향상이 매년 이루어지고 있으며, 웹기반용으로 연계할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 이러한 경향과 별도로 문제해결의 핵심이라 할 수 있는 증명을 자동화하는 연역 시스템을 컴퓨터 대수 시스템과 결합하는 연구 경향이 유럽에서 지속적으로 나타나고 있다. Theorema는 Mathematica의 언어적 특성을 이용하고 수학적 알고리즘과 컴퓨터 언어의 분야를 연결하는 rewriting 기법을 자동 추론 시스템에 적용하여 오스트리아 RISC 연구소에서 개발된 시스템이다 [13].

본 연구는 다음과 같은 연구 주제를 가지고 출발하였다. 첫째, Mathematica를 이용하여 TI-92에 탑재된 Derive 시스템을 시뮬레이션 할 수 있는가? 둘째, Theorema 시스템을 이용하여 Derive 시뮬레이터에 증명 기능을 확장시킬 수 있는가? 셋째, 이렇게 개발된 시스템을 학습용과 연계시킬 수 있는 매뉴얼 생성기로 개발할 수 있는가? 넷째, 위 시스템을 웹기반의 상호작용 인터페이스로 변환시킬 수 있는가?

이 연구에서 재미있는 것은 사용자 편리성이 강한 Mathematica의 notebook 인터페이스로 제공되는 온라인 도움말 시스템을 TI-92 시뮬레이터를 내장한 도움말 시스템으로 확장할 수 있는가라는 점이다. 또한 이점과 관련하여 웹기반 환경에서 수식 표현의 표준화 작업과 관련하여 시도되고 있는 MathML의 과도기 단계로서 자바서브릿을 이용한 웹인터페이스를 부분적으로 구현하는 것이 이 연구의 목적이다.

2. 기존 연구

Mathematica, Maple 또는 Derive 등의 소프트웨어를 사용하면 수식 표현을 하는 것이 매우 수월하다. 2차원의 폰트로 구성된 수식을 입력하면 수학 교재에서 보는 것과 같은 형태의 계산 결과를 얻을 수 있다. 특히, Derive는 자주 쓰는 수식의 구문적 표현을 사용자의 입장에서 유연성있게 처리하고 명령어 모드에서 1차원적 입력을 허용하고 있다[22]. TI-92와 같은 그래픽 계산기를 사용하는 중등학교 학생들은 계산기 전용 입력키를 통하여 수식을 입력하게 된다. 이런 입력키를 사용하는 단계에서 수식을 컴퓨터에 입력하게 되고, 이 입력을 즉각적으로 처리하여 결과를 보여주는 컴퓨터 대수 시스템을 blackbox라 간주한다. 반면에 단계별로 수식처리의 결과를 보여주는 것을 whitebox라 부른다[8, 10].

입력키에 대한 수식표현을 수월하게 조작하는 문서를 매뉴얼이라 할 때, 이런 매뉴얼을 생성하여 온라인 도움말 시스템에 내장하는 것이 가능한가? 예를 들어 Mathematica의 내장된 언어를 사용하여 온라인 도움말 notebook에 TI-92 매뉴얼을 생성시킬 수 있는가? 먼저 Mathematica 언어를 사용하여 연역 추론 시스템으로 구현된 Theorema 시스템을 살펴볼 필요가 있다. 수학적 개념에 근접한 프로그래밍 언어를 도입하여 대학수학의 변화를 시도할 목적으로 개발된 ISETL[15]처럼 Theorema는 선형 논리 체계를 rewriting 기법으로 구현한 것이다[13].

컴퓨터 대수 시스템 중에서도 매우 핵심적인 부분인 Groebner basis를 계산하는 Buchberger 알고리듬 창시자인 Bruno Buchberger는 현재 Theorema 시스템을 이용하여 논리적 증명 시스템의 베타 버전을 개발하였다[13]. 이 시스템은 차세대 컴퓨터 대수 시스템을 개발하기 위한 전초 작업의 일환으로 개발되고 있는데 일반적인 논리 체계를 연구하기 위한 도구로 작용하고 있다. Buchberger는 그의 논문에서 수리공리적 시스템의 틈새를 논리적, 문법적, 수학적, 증명적 영역에서 각각의 제한성을 지적하고 있다. 각각을 부연 설명을 하면 다음과 같다. 첫째, CAS가 가지는 논리적 기능의 한계는 Z-F 집합론으로 함수를 정의하면 입력과 출력이 동일한 경우에 함수가 동일하게 처리되는데 이 경우에 알고리즘이 다르면 두 개의 함수를 구별하는 것이 어렵게 된다. 둘째, Mathematica와 수학의 기호 표현 사이에 차이 존재하는데 예를 들어 집합 기호와 튜플 기호를 구별할 수 없는 점이 이에 해당된다. 셋째, 수학적 계산의 한계에 대한 부분으로써 알고리즘적인 수학과 비알고리즘적인 수학의 차이를 명확하게 구현하지 못하는 한계를 가지고 있다. 넷째, 기존의 증명 방법인 도출법(resolution)은 너무 특수한 형태이기 때문에 일반적인 수학 증명기의 개발이 필요하다.

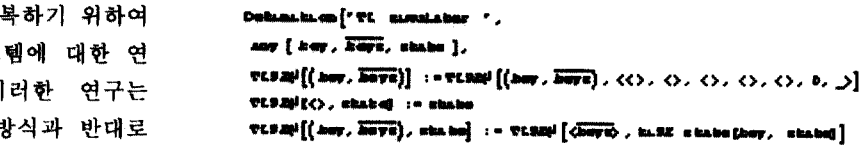
이렇듯 기존의 CAS의 한계를 극복하기 위하여 CAS와 논리증명기가 결합된 시스템에 대한 연구가 활발히 전개되고 있다. 이러한 연구는 CAS에서 논리 증명을 확장하는 방식과 반대로 논리증명기의 개발에서 CAS를 접목하는 방식이 있다. Maple 시스템에 Isabelle을 결합한 연구는 첫 번째에 해당되며 특히 Isabelle을 이용하여 단계별 문제해결의 과정을 검증하는 방식으로 교육에 응용한 연구가 보고되고 있다[29]. 같은 맥락에서 Theorema는 Mathematica의 기능을 확장하는 차원에서 논리 증명의 기능을 구현하고 있으며, 특정 증명기의 모듬으로 구성되어 있다. Theorema를 이용하여 교육에 응용한 사례는 손꼽을 정도이다. 반면에 별도의 논리증명 시스템인 NuPRL은 고차논리를 구현한 것이며 이것을 토대로 CAS를 확장하는 추세를 보여준다. 이 시스템을 이용하여 초급 정도의 대학수학 교재의 내용을 증명을 포함하여 상호작용적 전자교재를 개발하는 작업을 시도 중에 있다.

3. 지능형 매뉴얼 생성기 설계 및 구현

3.1. Theorema를 이용한 TI-92 시뮬레이션

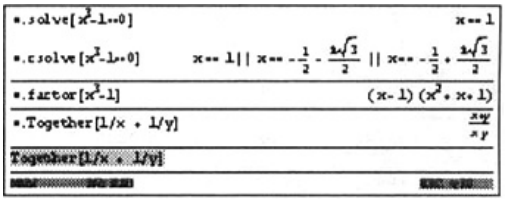
Theorema가 갖춘 세션 중에서 계산모드는 Mathematica의 언어적 장점을 그대로 보존하고 있다. 특히 집합 계산과 재귀함수의 계산 등을 수행할 수 있으며 Mathematica가 적합하게 표현하지 못하는 수식 표현을 SETL과 같이 표현하는 장점을 갖추고 있다[11].

먼저 TI-92의 Derive 부분을 시뮬레이션 하기 위하여 사용자의 키입력을 하나씩 불러들여서 파싱하는 기법을 사용하였다. 각 부분을 다시 명령어 부분과 인수 부분으로 분리하여 각각에 대응하는 Mathematica 구문으로 변환하고 그 계산의 결과를 Derive 형태로 변환하는 것이 주요 단계이다.



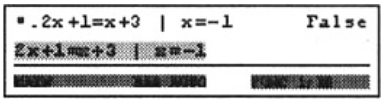
(그림 1) 시뮬레이터의 개략적인 코드 구조

즉, 입력키의 순서에 따라 각각의 단계에 해당되는 TI-92의 계산 상태를 패턴 매칭에 따라 시뮬레이션해 나간다. 예를 들어 다음과 같이 키입력의 목록에 대하여 각각의 계산 수행에 대한 TI-92의 화면이 Mathematica 노트북 인터페이스에서 간략하게 모의되어 나타난다. Derive의 내장 명령어인 "solve", "csolve", "factor" 등을 실행한 결과를 다음 화면이 제시하고 있다.



(그림 2) TI-92 시뮬레이터 화면

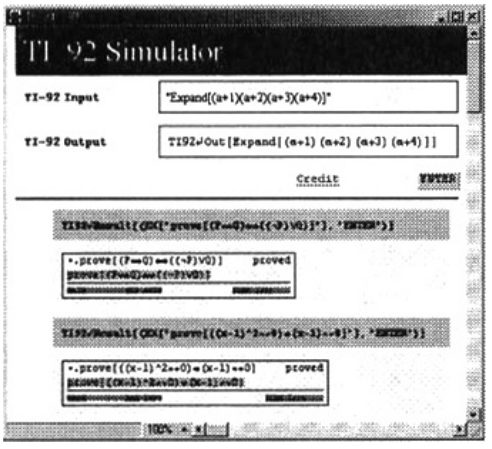
구체적으로 보면 키입력은 입력된 키의 순서를 보존해야 함으로 Mathematica의 독특한 자료형태인 중괄호{ } 대신 Theorema에서는 튜플< > 자료 형태를 사용하여 순서를 보존하는 목록을 구사하고 있다. 다음은 Derive의 수식표현과 Enter키를 구별하여 시뮬레이터에 입력하면 그 결과를 보여주는 화면이다.



(그림 3) TI-92 시뮬레이터 화면

위의 시뮬레이터를 Mathematica 노트북 인터페이스로 출력한 것이 다음의 화면에 나타나고 있다. Theorema 시스템을 사용하면 TI-92에 탑재된 Derive 부분을 약 90%까지 시뮬레이션 시킬 수 있다. 여기서 TI-92 시뮬레이터를 개발하는 도구로 Mathematica 대신에 Theorema를 선택한

이유는 무엇인가? Theorema 시스템은 술어계산에 대한 단계별 증명을 설명과 함께 제시해 주는 기능을 갖추고 있는데, 이것으로 개발된 시뮬레이터는 TI-92 그래픽 계산기에 없는 기능을 보완할 수 있기 때문이다. (그림 4)은 TI-92 시뮬레이터가 구현된 부분을 아래의 화면에서 보여주고 있다. 원래 Derive에는 명제논리와 술어논리를 지원하지 않지만 본 연구에서 설계한 시뮬레이터에는 명제논리, 술어논리 및 다항식에 대한 Groebner basis 계산에 관련된 증명을 단계별로 설명과 함께 보여주는 기능을 추가하였다.

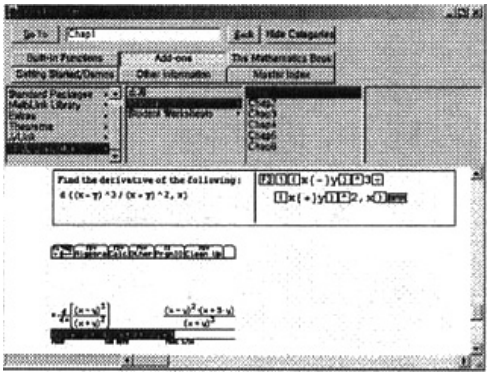


(그림 4) Mathematica notebook에 담긴 TI-92 시뮬레이터 화면

3.2.구조적 문서를 이용한 매뉴얼 생성기

매뉴얼에 나타나는 TI-92 문서를 보면 매우 구조적으로 작성된 것을 알 수 있다. 키입력에 대한 간단한 개념적 설명과 키입력에 대응하는 키보드의 아이콘 배열을 제시하고 있고, 한 단위의 프레임마다 입출력에 대응하는 화면을 캡쳐하여 제공함으로써 사용자가 쉽게 그래픽 계산기를 조작하도록 유도하고 있다. 이러한 매뉴얼 행태를 띠면서 개념적 설명을 적절히 혼합하여 제공한 것은 Kutzler의 매뉴얼에서 잘 나타나고 있다 [22].

수식을 포함한 문서를 매뉴얼 형태로 작성할 때 이런 구조를 이용하여 매뉴얼 작성을 자동화시킬 수 있다. 본 연구에서는 rewriting 기법을 사용하여[11] 사용자의 키입력과 개념의 설명 및 대응되는 화면의 생성을 자동화하는데, 여기서 사용된 기법은 translation이다. 즉, 사용자의 입력키를 중심으로 하여 개념적 설명을 생성하는 모듈을 작성하고 그 입력을 시뮬레이터에서 처리하며, 그 결과를 TI-92 전용 시뮬레이터에서 생성하는 화면을 캡쳐하는 과정을 매뉴얼 생성기가 담당하고 있다. 이와 같이 생성된 매뉴얼은 Mathematica의 온라인 도움말 파일에 저장되어 Mathematica에서 곧바로 검색하고 조회할 수 있게 된다. 이 시스템은 온라인 도움말 시스템이 CAS를 내장하고 각 개념별로 매뉴얼 프레임이 데이터베이스 형태로 저장됨으로써 Mathematica의 검색 기능이 활용되는 장점을 살릴 수 있다.

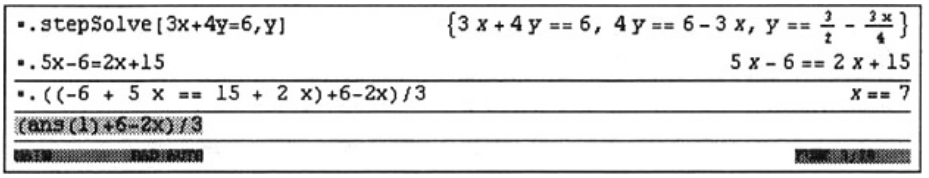


(그림 5) Mathematica 온라인 도움말에 저장된 TI-92 매뉴얼

3.3.TI-92 매뉴얼 생성기와 단계별 증명

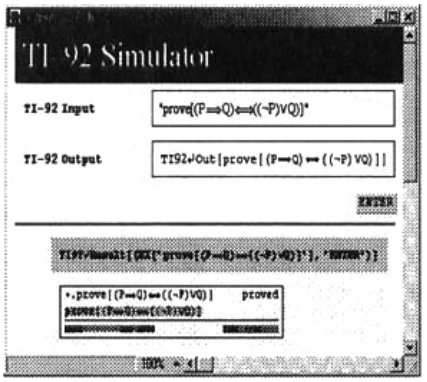
Derive 컴퓨터 대수 시스템은 TI-92 그래픽 계산기에서 대수 부분을 담당하고 있다. 함수와 다항식 계산을 비롯하여 그래픽 생성을 주로 맡고 있는데, 간단한 진리표 계산도 가능하다. 그러나 Derive는 수학의 핵심 부분 가운데 계산, 문제해결 및 증명 부분 중에서 주로 계산을 수행하며 문제해결은 blackbox 형태로만 제공한다. 그리고 명제논리 또는 술어논리에 대한 증명을 하는 부분은 결여되어 있다. 따라서 단계별 문제해결을 제공하는 부분과 증명을 수행하는 기능은 인공지능의 기법을 사용하여 추론을 자동화하는 단계를

구현함으로써 수학을 다루는 계산, 문제해결 및 증명에 대한 매뉴얼을 생성시킬 수 있다[14, 20]. (그림 6)의 첫 번째 부분은 기존의 TI-92 매뉴얼에 단계별 문제해결 과정을 추가한 부분을 보여주고 있다.

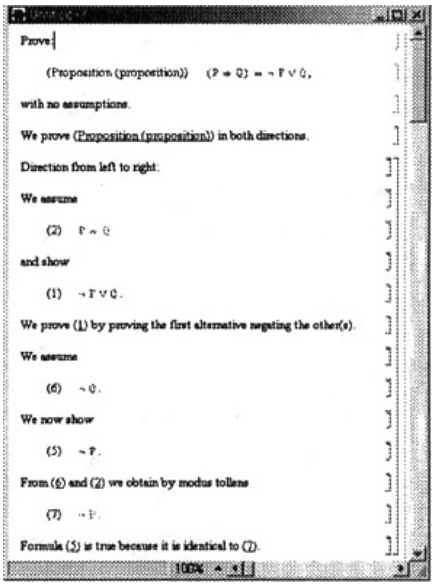


(그림 6) 단계별 문제해결 과정을 생성한 시뮬레이터 부분

다음은 Theorema 시스템이 내장하고 있는 기능 중에서 증명을 수행하는 과정이 매뉴얼 형태로 생성되는 부분을 보여주고 있다. 사용자가 선택한 명제 논리의 문장에 대하여 증명이 되는지 그렇지 않은지에 대한 결과를 보여주며 각 단계에 대한 설명은 별도의 notebook 인터페이스로 제공하고 있다. 이 증명 부분은 주어진 명제(또는 수식표현)을 다시쓰기(rewriting) 기법으로 계속해서 증명 또는 증명불가능의 상태까지 전개하면서 각각의 단계에 대한 부분적 설명(annotation)이 하이퍼텍스트로 제공되고 있다. 이 Theorema 시스템의 증명기 모음 중에서 술어 논리 증명기가 매뉴얼 생성기에 포함되어 있다. (그림 7)은 Mathematica의 노트북 인터페이스에서 입력셀과 버튼을 사용한 경우를 보여주고 있으며, (그림 8)은 중첩셀 구조를 사용한 인터페이스를 구조를 제시하고 있다.



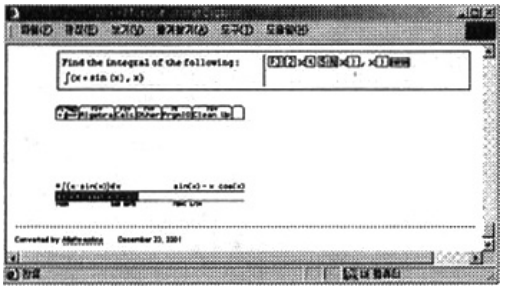
(그림 7) 명제논리를 증명해 주는 기능



(그림 8) 명제논리를 설명과 함께 단계별로 증명해 주는 notebook 화면

3.4.자바 서브릿을 이용한 웹기반 인터페이스

현재 Mathematica 노트북 인터페이스를 웹페이지로 변환하는 방법은 html 변환 방법, MathML 변환 방법 및 자바서브릿을 이용한 방법이 있다. 정적인 웹페이지로 변환시키는 방법은 웹상에서 상호작용적 요소가 결여되긴 하지만 수식표현이 이미지로 처리되므로 웹페이지 로딩에 걸리는 시간이 상대적으로 짧다는 장점을 가지고 있다.



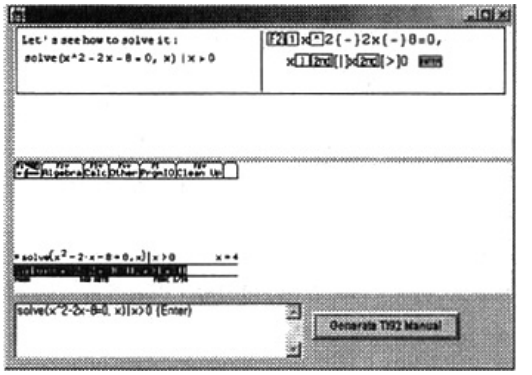
(그림 9) 생성된 매뉴얼의 웹문서 변환

반면에 MathML 전용 브라우저를 사용한다는 가정하에 Mathematica 노트북 파일을 MathML로 변환시키는 방법은 웹상에서 제한된 상호작용을 제공하고 궁극적으로 웹상에서 나타나는 수식 표현을 원격으로 연결된 CAS가 처리하여 그 결과를 제공하는 통로를 열어주게 된다. 본 연구에서 시도한 방법은 웹페이지와 Mathematica를 연결하는 자바버전의 Mathlink 프로토콜을 자바로 개발한 J/Link를 사용하여 자바서브릿으로 연산의 상호작용을 제공하는 것이다[6].

여기서 제시한 웹기반 매뉴얼 생성기의 프로토타입은 TI-92의 Derive에 해당되는 입력키를 제시해야만 웹버전의 매뉴얼이 생성되는 제한점이 있다. 이것은 Mathematica가 채택하고 있는 MathML 부라우징 기법의 어려움과 현재 사용화된 제품으로 출시되고 있는 WebMathemtica로도 Theorema의 notebook까지 자동적으로 변환시키지 못하는 기술적 어려움이 있기 때문이다. 웹기반 인터페이스 부분은 궁극적으로 MathML 기반 환경으로 개발 될 것이며, 교육적인 활용을 염두에 둔 whitebox를 제공하는 모듈의 작성은 상호작용적 특성 때문에 상당히 고난도의 테크닉이 요구된다[20, 23].

이 프로토타입 시스템은 Windows ME 환경에서 Mathematica 4.1를 사용하고 ApacheJServ 1.1.2 버전을 사용하여 자바서브릿을 구동한 상태에서 실행하였다. Theorema 베타 버전을 사용하였으며, TI-92 키입력을 나타내는 매뉴얼의 폰트를 구사하기 위하여 TI사에서 제공하는 폰트를 설치하여 사용하였다.

또한 Theorema로 구현한 TI-92 시뮬레이터의 결과에 해당되는 화면을 생성하기 위하여 키입력을 Recorder 소프트웨어에 해당되는 키입력으로 변환시킨 다음에 TI-92를 에뮬레이션 시키는 VTI 소프트웨어를 자동적으로 구동하여 TI-92의 스킨 이미지를 생성시켜 화면 캡처를 한 다음 매뉴얼 구조에 포함시켰다. 이러한 일련의 과정에 자바서브릿에서 자동적으로 실행될 수 있도록 상이한 소프트웨어를 서버상에서 API로 연결시키는 모듈을 구현하였다.



(그림 10) 자바 서브릿을 이용하여 생성한 TI-92 매뉴얼

이 프로토타입의 단점은 서버의 실행 속도가 다소 느린 흠이 있으며, TI-92의 입력키에 해당되는 폰트가 Mathematica에서 인식하지 못하는 사례가 드러났으나 Mathematica 개발본사인 WRI에 따르면 근본적으로 이 문제를 해결될 수 없는 것으로 판명되었다. 2002년 6월 현재 WRI사에서 판매하고 있는 WebMathematica로 본 시스템의 웹기반 인터페이스 부분을 개발할 수 있는지는 미지수이다.

4. 결론 및 향후 방향

본 연구는 TI-92를 사용하는 사용자(학습자)에게 제공할 매뉴얼을 Mathematica에 기반한 논리증명 시스템인 Theorema를 사용하여 구현하고 웹기반 인터페이스를 구현한 결과를 소개하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, TI-92에 탑재된 Derive의 대수 관련 명령어 중에서 TI-92 매뉴얼에 등장하는 명령어를 Mathematica 언어로 시뮬레이션하였다. 둘째, Theorema 시스템을 이용하여 TI-92 시뮬레이터에 술어논리 부

분을 단계별로 설명하는 기능을 추가하였다. 셋째, 위의 시뮬레이터를 사용하여 TI-92 매뉴얼을 생성하는 기능을 정형화하는 프로토타입을 개발하였고, 이것을 Mathematica의 온라인 도움말 패키지에 통합하였다. 넷째, 앞에서 개발된 매뉴얼 생성기를 웹기반 환경에서 작동되도록 JLink와 자바서브릿을 사용하여 개발하였다.

본 연구는 컴퓨터 대수 시스템과 자동 연역 시스템을 이용한 TI-92 매뉴얼 생성기를 구현하였으며, CAS가 갖추고 있는 온라인 도움말을 확장하는 방향으로 설계한 점이 특징이다. TI-92 매뉴얼이 구조적인 문서의 특징을 띠고 있으므로, TI-92 키입력을 개념적 설명과 시뮬레이터가 생성하는 결과에 따른 화면 캡처를 함께 제공하는 등 전형적인 매뉴얼을 생성하는 것이 가능하였다. 현재 진리표 계산을 제외하고 Derive 시스템에 갖춰지지 않은 명제논리와 술어논리에 대한 증명의 단계적 설명과 결과를 제시함으로써 지능형 매뉴얼의 전자교재로의 가능성을 보여주고 있다. 본 연구의 결과에 비추어 볼 때 향후에 시도할 연구 과제는 다음과 같다.

4.1.매뉴얼 사용에 대한 계산논리 및 알고리즘 연구

매뉴얼에 등장하는 입력키는 학습자의 학습 항해와 학습 시간에 비례하여 나타나는 입력키의 길이에 따라 매우 복잡한 양상으로 나타난다. 따라서 그래픽 계산기 조작에 따른 학습자의 활동 중에서 특정 부분이 의미있게 나타나는지를 판단하는 것은 가능한 키의 조합에서 특정 부분을 탐색하는 알고리즘 연구와 관련된다. 전통적인 방법인 branch and bound 알고리즘을 사용하되 특정 패턴에 대한 일반화를 도출하는 논리증명을 혼합하여 연구하는 것에 주목할 필요가 있다. 이런 방향에서 수학적 알고리즘과 논리증명을 결합한 Theorema 시스템이 매뉴얼 사용에 관련되는 계산논리를 탐색하는 적절한 도구가 되며, 향후 계산이론에서 알고리즘적 접근을 연구하는 주제가 될 수 있다[12].

4.2.적응적 인터페이스

사용자(학습자)의 그래픽 계산기 조작에 대한 데이터를 수집하여 의미있는 패턴을 찾아내는 것은 그 사용자의 특성을 감안하여 적응적 상호작용을 가능하게 하는 인터페이스를 제공하는 것이 가능하기 때문이다. 이것은 웹서버 로그 파일을 분석하여 그 사용자가 원하는 인터페이스를 제공하는 에이전트 방법과 관련이 있다. 본 연구는 자동적으로 생성되는 매뉴얼의 스타일을 Mathematica 노트북 인터페이스로 마련하고 각각의 스타일에 따른 사용자 특성을 패턴화하여 로그파일 분석 결과에 따라 적합한 스타일을 제공하는 것이 가능하다. 또한 매뉴얼 문서에 개념 설명과 입력키, 캡쳐된 화면 등의 순서를 바꿈에 따라 나타나는 학습의 속성을 변수화시키고, 특히 증명 부분에서 순차적 제시와 역방향 제시 등 증명의 제시 스타일이 또다른 변수이므로, 이런 부분이 적응적 인터페이스와 관련된 연구 주제가 된다[9].

참 고 문 헌

[1] 김영익, 이규봉(1999). 아름다운 수학 Mathematica와 함께. 교우사.

[2] 이재규 외(1996). 전문가 시스템-원리와 개발. 법영사.

[3] 전영국(1995). 일차방정식을 컴퓨터에게 가르쳐보는 과정을 통한 문제풀이: 시스템 개발과 형성평가. 교육공학연구, 11(2), 143-168.

[4] 전영국(1997). WWW와 Mathematica를 이용한 CAI 개발. 대한수학교육학회 논문집 7(2), 281-292.

[5] 전영국(1998). 교수 설계 자동화 시스템 개발을 위한 이론적 고찰. 컴퓨터교육학회 논문집 1(1), 127-138.

[6] 전영국(2001). Mathematica를 이용한 웹기반 미적분 모듈의 개발. 컴퓨터교육학회논문집, 2(2), 51-62.

[7] 최재룡, 전영국, 추인선(2002). Maple의 길잡이. 교우사.

[8] Beeson, M. (1996). Design Principles of

Mathpert: Software to support education in algebra and calculus, in: Kajler, N. (ed.) Human Interfaces to Symbolic Computation, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg/ New York.

[9] Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction, 6(2-3), 87-129.

[10] Buchberger, B. (1990). Should students learn integration rules? ACM SIGSAM Bull.(24), 10-17.

[11] Buchberger, B. & Loos, R. (1982). Algebraic simplification. Computer algebra: Symbolic and algebraic computation, Computing Supplementum 4, 11-43. Springer-Verlag.

[12] Buchberger, B. (1999). Theory exploration versus theorem proving. Mathematica Notebook for the invited talk at the Calculemus Meeting, Trento, July 11, 1999.

[13] Buchberger, B., Jebelean, T., Kriftner, F., Marin, M., Tomuta, E. ,& Vasaru, D.(1997). A Survey of the Theorema Project. Proceedings of ISSAC'97, W. Kuechlin (ed), ACM Press, 384-391.

[14] Bundy, A. (1983). The computer modeling of mathematical reasoning. Academic Press, London.

[15] Dubinsky, E. (1995). ISETL: A Programming Language for Learning Mathematics, Comm. in Pure and Appl. Math., 48, 1-25.

[16] Heck, A. (1993). Introduction to Maple. Springer-Verlag.

[17] Henze, N., Nejdl, W., & Wolpers, M. (1999). Modeling Constructivist Teaching Functionality and Structure in the KBS Hyperbook System. AIED '99 Workshop on Ontologies for Intelligent Educational Systems, Le Mans, France.

[18] Heugl, H., Klinger, W., & Lechner, J. (1996). Mathematikunterricht mit Computeralgebra-Systemen. Bonn: Addison-Wesley.

[19] Jun, Y. Theorema-based TI-92 Simulator for exploratory learning, Paper presented at ICTMT, Klagenfurt, Austria.

[20] Kajler, N. (Ed.) (1998). Computer-Human Interaction in Symbolic Computation. Springer-Verlag/Wien.

[21] Karian, Z. (Ed.) (1992). Symbolic computation in undergraduate mathematics education. MAA Notes 24, Mathematical Association of America.

[22] Kutzler, B. (1997). Introduction to the TI-92. bk teacheware.

[23] Le, H. Q (1999). Client-server communication standards for mathematical computation. Unpublished master thesis, University of Waterloo, Canada.

[24] Schneider, E. (2000). Teacher Experiences with the use of a CAS in a Mathematics Classroom. The International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education 7(3).

[25] Wester, M. J. (Ed.) (1999). Computer Algebra Systems. John Wiley.

[26] Wolfram, S. (1996). The Mathematica Book. Wolfram Media and Cambridge University Press.

[27] Neuper, W. (2001). Reactive user-guidance by an autonomous engine doing high-school math. PhD-thesis, Institute for Software Technology, TU-Graz, Austria.

전 영 국

1986 수원대학교 수학과 이학사
1990 시카고주립대학교 수학과 이학 석사
1995 일리노이대학교 어바나-샴페인 교육학 박사
1996~현재 순천대학교 컴퓨터교육과 부교수

관심분야: 지능형교수시스템, 웹기반학습시스템, HCI
E-Mail: ycjun@sunchon.ac.kr