

국내 음성도서 서비스를 위한 수식의 음성변환 기법

(Speech Translation Techniques of Expressions for Domestic Audio Book)

이 재 화 * 이 종 우 **
(Jae-Hwa Lee) (Jongwoo Lee)

임 순 범 **
(Soon-Bum Lim)

요 약 현재 국내의 음성도서 서비스는 수식을 정확하게 읽어주지 못하며, 수식을 읽기 위한 독음규칙의 부재로 수식의 음성 서비스에 혼란을 야기 시키고 있다. 이에 본 논문은 중학교 수학 교과서를 바탕으로 수식표현의 '한글 독음규칙'을 정의해보았으며, 수식의 국내 음성 서비스를 위해, 정의된 '한글 독음 규칙'을 매스 파스 트리(Math Parse tree)와 매핑하여 최종적으로 음성서비스가 가능한 수식의 음성 변환 기법에 대해 연구하였다.

키워드 : 독서장애인, 전자책, 수식의 음성 서비스, 독음규칙

Abstract The present domestic audio book service cannot read a mathematical expression correctly and the absence of the speech rules for reading the formula make a confusion in math to speech service. In this paper we defined the Korean speech rules based on a middle school

* 본 연구는 숙명여자대학교의 2011학년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음
· 이 논문은 2011 한국컴퓨터종합학술대회에서 '국내 음성도서 서비스를 위한 수식의 음성변환 기법에 대한 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

* 학생회원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과
envyviki@gmail.com

** 종신회원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수
bigrain@sookmyung.ac.kr
(Corresponding author임)
sbllim@sookmyung.ac.kr

논문접수 : 2011년 8월 29일
심사완료 : 2011년 10월 23일

Copyright©2011 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제17권 제12호(2011.12)

mathematics textbook for reading the formula and researched math to speech techniques that enables audio services by mapping the defined rules with Math Parse Tree.

Key words : Reading disabled, e-book, Math to speech, speech rule

1. 서 론

선천적이거나, 정신적인 장애로 인하여, 표준적인 포맷으로 인쇄된 정보에 접근할 수 없는 국내 독서 장애인들의 수는 급속도로 증가하고 있다. 이렇게 문자의 형태로 제공되는 정보에 접근하지 못하는 독서 장애인을 위해 독서 장애인 지원 기관 및 도서관에서는 음성 도서 서비스를 제공 받을 수 있는 디지털 파일 형태의 전자도서를 제공하고 있으며 현재 독서 장애인들은 이러한 전자도서의 이용률이 매우 높은 편이다. 그러나 대부분의 전자 도서는 본문 텍스트만 음성으로 변환하며, 전자 책 내에 있는 수식은 이미지로 인식하여, 대체 텍스트를 제공하거나, 공백으로 처리한다[1-3]. 이에 본 논문에서는 국내 독서 장애인들을 위해 일반 문서에 삽입되어 있는 수식표현을 한글로 읽어주는 수식의 음성 변환 기법을 제안한다. 이를 위해 본 논문에서는 20개의 중학교 수학교과서를 분석 및 분류하여 각 영역에서 쓰이는 수학 기호를 정리하여 한글 독음 규칙을 정의하였으며, 이러한 한글 독음 규칙을 바탕으로 일반 문서에 입력된 수식을 한글 표현으로 읽을 수 있는 'Math Expression Reader'를 구현하였다. 그리고 'Math Expression Reader'를 통해 생성된 한글 수식 독음을 일반인과 시각장애인들에게 각각 들려줌으로 얼마나 정확하게 이해하고 알아들을 수 있는지 평가하고 그 결과를 비교 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 외국에서 사용되고 있는 수식의 음성 서비스에 대해 살펴보고, 이를 본 연구와 비교 분석한다. 3장에서는 수식의 한글 독음 규칙의 필요성을 살펴보고, 한글 독음 규칙을 정의한다. 또한 정의된 한글 독음 규칙을 바탕으로 국내 음성 도서 서비스에 적절한 수식 음성 변환 기법을 제안한다. 4장에서는 이를 바탕으로 생성된 수식의 한글 독음을 일반인과 시각장애인을 대상으로 이해도를 평가하고 그 결과를 기술하며 5장에서 결론과 향후 연구에 대한 정리로 본 논문을 끝맺도록 한다.

2. 관련 연구

2.1 미국의 경우

2.1.1 Design Science[5]사의 MathDaisy와 MathPlayer
MathDaisy는 MS Word에서 DAISY 파일을 제작하

는 도구로 MS word에 플러그인 형태로 제공되는 Save As DAISY와 MathType(수식 편집기)을 설치하여 수식을 작성하면 DAISY[4] 포맷으로 저장되며, 이렇게 저장된 DAISY 파일은 DAISY Player등을 통해 음성으로 서비스된다. MathPlayer[6,7]는 Internet Explorer에서 MathML[8]을 포함하는 웹 페이지를 브라우징 할 때 MathML을 수학 책에서 보이는 수식으로 표현해주는 역할을 한다. 이렇게 MathPlayer가 설치된 IE에서는 마우스 왼쪽버튼의 메뉴에서 수식 읽기(Speak Expression)를 클릭하여 수식을 음성으로 들을 수 있다.

2.1.2 Design Science 사의 Speech Style

현재 MathPlayer의 최신 버전인 MathPlayer 3.0에서는 수식을 읽기 위해 표 1에서와 같이 MathSpeak[9]와 SimpleSpeech의 두 가지 독음스타일을 제공하고 있다.

MathSpeak는 2004년에 시작된 gh사의 Math-Speak™프로젝트를 통해 고안된 수식의 독음스타일로 Braille Nemeth Code[10](수식을 점자로 나타내는 표준코드)를 바탕으로 수식의 독음을 정의하였다. 이는 현재 미국에서 사용되는 대부분의 수식 음성 프로그램에서 사용하고 있는 수식독음 규칙이며, DAISY/NISO 표준에도 적용되고 있다. MathSpeak는 수식을 구어로 표현 할 때 생기는 모호성을 최소화 하고 수식의 명확성을 제공하기 위해 명확성을 표현하는 구문들을 사용하여 수식의 독음을 표현한다.

SimpleSpeech는 현재 MathPlayer 3.0의 기본 설정 독음 스타일로 MathSpeak의 규칙을 그대로 적용하고 있지만 복잡하지 않고 간단한 수식 표현에서는 수식의 명확성을 위해 사용되는 구문들을 최소화 한다.

표 1 MathSpeak와 SimpleSpeech의 예

수식	분류	독음
$2^{x+1} - 1$	MathSpeak	2 superscript x super superscript n superscript plus 1 baseline minus 1
	SimpleSpeech	2 super x to the n plus 1 end super minus 1

2.2 일본의 경우

현재 일본에서는 독서 장애인들에게 DAISY 3.0을 기반으로 수식의 음성 서비스를 제공하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 DAISY의 낮은 사용자 친화성 문제가 제기되면서 사실상 DAISY를 통한 수식의 음성 서비스가 어려워지고 있다. 각 나라별로 사용하는 언어의 특징에 따라 수식을 표현하는 방법이 다르지만 현재 DAISY에서 제공하는 수식의 음성서비스는 영어 독음 표현이 기본으로 설정되어 있어 사실상 수식의 음성 서비스는 영어권을 제외하고는 사용하기가 어려운 실정이다. 특히 일본어의 경우, 히라가나와 가타가나는 한자의

음성 기호 조합물로 같은 한자 기호가 문맥에 따라 여러 가지로 발음된다. 이에 일본에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 수학 전문기관과 공동으로 수식에 사용되는 일본어를 분석하여, 수식 독음을 표준화 하는 등 자국 독서 장애인들에게 일본어로 수식의 음성 서비스 제공하기 위해 많은 연구 중에 있다[12].

2.3 관련연구 분석

현재 널리 상용화 되어 있는 수식의 음성 서비스 시스템들은 대부분 DAISY 포맷을 기반으로 수식의 음성 서비스를 영어로 제공하고 있다. 이러한 수식 독음 시스템을 국내에 적용할 경우, 한글과 영어의 언어적 특성으로 인해 영어로 된 수식독음을 한국어로 직역 할 경우 그 의미를 알 수 없게 되거나 다른 의미가 되어 버린다. (예: 분수-한국어로 읽을 경우 분모를 먼저 읽고 분자를 읽지만, 영어의 경우 분자를 먼저 읽고 분모를 읽음) 그러므로 영어 수식 독음의 경우, 한글 수식독음에 맞는 표현으로 재가공해 주어야 한다. 이는 수식을 음성으로 서비스하는 과정에서 한글-영어간의 언어 재해석의 불필요한 과정을 거치는 비효율적인 시스템 전개도를 보여준다. 이에 본 논문에서는 수식의 한글표현들을 정리하여, 독음 규칙을 정의하고, 이를 바탕으로 수식을 직접 한글로 읽어주는 수식의 음성 변환 기법을 제안한다.

3. 한글독음 규칙을 이용한 수식음성변환기법

3.1 한글 독음 규칙의 필요성

3.1.1 수식의 복수 독음

수식을 한글로 읽을 경우 하나의 수학 기호에 여러 개의 독음들이 사용되는 경우가 발생한다. 이렇게 하나의 수학기호에 여러 개의 독음들이 혼용될 경우 하나의 수식에 여러 개의 수식 음성 표현이 가능하다. 다음의 표 2는 여러 개의 독음이 혼용되는 수식의 예를 보여준다.

표 2 수식의 복수 독음 혼용의 예

수식	수식읽기	수학기호의 복수독음
$2x^2 + 3^2 - 1$	2엑스 제곱 더하기 삼의 제곱 마이너스1	제곱 : 승 더하기 : 플러스 빼기 : 마이너스
	2엑스 제곱 더하기 삼의 이승 마이너스1	
	2엑스 제곱 플러스 삼의 이승 빼기1	
	...	

본 논문에서는 이러한 수식의 복수 독음 혼용을 최소화하기 위해 수식의 한글 독음 정의 시 복수 독음이 가능한 수학 기호에 대해 하나의 대표 독음을 표 3과 같이 정의하였다.

표 3 한글 독음 규칙 중 복수 독음 혼용 방지를 위해 정의된 부분

수학기호	일반적인 독음	독음 규칙
a^2	에이 제곱/ 이승	에이 제곱
a^n	에이 의 엔 승/ 엔 제곱	에이 의 엔 승
A+B	에이 플러스/더하기 비	에이 플러스 비
A-B	에이 마이너스/빼기 비	에이 마이너스 비
-B	마이너스/음수 비	마이너스 비

3.1.2 수식독음에 대한 상이한 해석

수식을 일반적인 구어체로 표현할 경우 하나가 아닌 다양한 식으로 나타낼 수 있다. 다음과 같은 수식 $\frac{b+c}{a}+d$ 를 읽을 때, 흔히 ‘에이 분에 비 더하기 씨 더하기 디’ 라고 읽는다. 그러나 위의 음성표현만을 듣고 이를 다시 수식으로 나타내면, $\frac{b+c}{a}+d$ 또는 $\frac{b+c+d}{a}$ 로 나타낼 수 있다. 이는 수식을 한글로 읽을 경우 수식에 나타난 수학 기호의 범위가 어디까지 적용이 되는지 그 경계가 모호해서 나타나는 현상들이다. 이에 본 논문에서는 이렇게 하나의 수식에 대해 상이한 해석이 가능한 수식 유형들을 분류하여 이를 최소화하기 위해 표 4 와 같이 그룹핑(Grouping) 독음을 정의하였다.

표 4 상이한 해석이 가능한 수식 유형과 그룹핑 독음

수식의 상이한 해석이 가능한 수학기호 유형	수학기호 독음	독음 규칙
\sqrt{A}	루트	루트시작 A루트 끝
B/A	분	분수시작A 분 B분수 끝
(A)	괄호	괄호열고 A 괄호닫고
{ A }	중괄호	중괄호열고 A 중괄호닫고

3.2 한글 독음 규칙정의

독서 장애인들과 실시된 사전 인터뷰를 통해, 대학 진학을 목적으로 하는 소수의 학생들을 제외하고 대부분은 중학교 수준 정도의 수학 교육을 받고 있다는 사실을 알게 되었으며, 이에 본 논문에서는 현재 사용 중인 중학교 수학 교과서 20개를 바탕으로 한글 독음 규칙을 정의하였다. 본 논문에서는 중학교 수학교과서를 크게 5개의 영역(수와 연산, 문자와 식, 함수, 확률과 통계, 기하)으로 분류하고 각 영역별로 수학기호를 정리하였으며, 이를 다시 연산자(Operator)와 기호(Symbol)로 구분하였다. 중학교 교과서에서 사용되는 수학기호는 표 5에서 보듯이 대략 44개로 본 논문에서는 연산자 41개와 기호 3개(공집합, 파이, 콤마)로 정의하였다[13].

표 5 한글독음 규칙 중 일부

분류	수학기호	독음 규칙 (L: 왼쪽, R: 오른쪽)
수와 연산	$a \in A$	L은 R의 원소이다
	$a \notin A$	L은 R의 원소가 아니다
문자와 식		중략
	+	L 플러스 R
	-	L 마이너스 R
	$\sqrt{\quad}$	Terminal : 루트 L Nonterminal : 루트시작 L 루트 끝
	/	Terminal : L분의 R Nonterminal : 분수시작 L 분의 R 분수끝
		중략
괄호	()	괄호 열고 L, R괄호 닫고
	{ }	중괄호 열고 L, R 중괄호 닫고
		중략
함수		
확률		중략
기하		

3.3 Math Expression reader 구현

본 논문에서는 일반문서에서 입력된 수식을 앞서 정의한 한글 독음 규칙을 적용하여 국내 독서 장애인들에게 수식의 음성 서비스를 제공하기 위해 다음 그림 1과 같은 수식의 한글 음성 변환 기법을 제안한다.

한컴오피스에 입력된 수식은 수식 파싱과정을 통해 수식 파싱 트리를 생성하게 된다. 이때 생성된 수식 파싱 트리는 일반적으로 계산을 목적으로 파싱될 때와는 달리, 입력된 수식에 연산자가 생략되어 있는 경우, 생략된 연산자와 변수를 하나의 토큰(token)으로 분해하여 수식 파싱 트리를 만든다. 이는 파싱 트리를 한글 독음 규칙과 매핑(Mapping)시킬 경우, 반복되는 연산자로 인해 수식의 독음이 명료하지 않고 복잡해지는 것을 최소화하기 위함이다. 이렇게 생성된 수식 파싱 트리는 앞서 정의한 한글 독음 규칙과 매핑되어 입력된 수식의 한글 독음을 생성한다. 이때, 루트와 분수는 단순하게 노트 하나로 파싱 트리가 끝나는 경우 보통 수식을 읽을 때 쓰이는 독음(예: ‘루트 2’, ‘3분에 4’)으로 매핑되지만, 그렇지 않을 경우에는 그룹핑(Grouping)단어를 적용하여 매핑한다. 이렇게 생성된 수식의 한글 독음은 최종적으로 음성 서비스가 가능한 음성 합성 마크업 언어인 SSML[11]파일로 변환되어 저장된다.

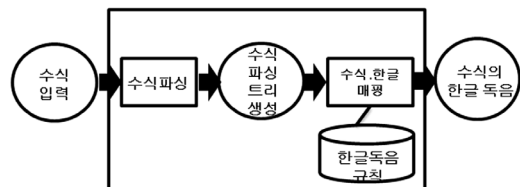


그림 1 수식의 음성 변환 처리 과정

3.4 구현 및 실행 사례

수식 입력 창에 한글오피스에서 작성된 수식을 입력한 후 Read버튼을 눌러 변환 하면 수식의 한글독음이 나타나며 최종적으로 SSML 파일로 저장된다. 다음은 실제 수식 몇 개를 실행해본 사례이며 그림 2는 실행 결과를 나타낸다.

수식 1: $A \cup B = B \cup A$
 수식 2: $\left\{ 2 - (2 - 7) \times \frac{2}{5} \right\} + (-5)$
 수식 3: $\triangle ABC \equiv \triangle DEF$

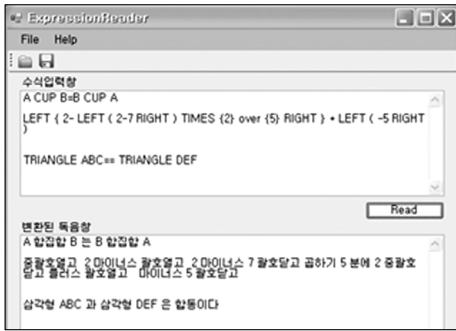


그림 2 Math Expression reader 실행 화면

이렇게 Math Expression Reader를 통해 실행된 수식의 한글 독음은 SSML 파일로 저장되며, 그 결과 파일은 표 6과 같다.

표 6 앞 실행 사례의 SSML 결과 파일

```
<?xml version="1.0"?>
<spek version="1.1"
  xmlns="http://www.w3.org/2001/10/synthesis"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  xsi:schemaLocation="http://www.w3.org/2001/10/synthesis
  http://www.w3.org/TR/speech-synthesis11/synthesis.xsd"
  xml:lang="ko">
  <p>A 합집합 B 는 B 합집합 A</p>
  <p></p>
  <p>중괄호열고 2 마이너스 괄호열고 2 마이너스 7 괄호열고 곱하기 5 분에 2 중괄호닫고 플러스 괄호열고 마이너스 5 괄호닫고</p>
  <p></p>
  <p>삼각형 ABC 과 삼각형 DEF 은 합동이다</p>
  <p></p>
</spek>
```

4. 생성된 한글수식독음의 이해도 평가

4.1 1차 테스트

중학교 수학 교과서의 다섯 영역에서 수식 15개를 선정하여 이를 Math Expression Reader를 통해 한글 독

음으로 생성 한 뒤, 일반인 5명에게 들려주고 그 이해도를 측정하였다.

- 실험방법: 한글 독음으로 생성된 수식 15개를 녹음하여 들려주고, 들은 수식독음을 다시 수식 기호로 쓰게 한다.

- 측정방법: 한글 독음수식을 듣고 쓴 수식기호와, 원래 수식기호를 비교하여 맞은 개수를 체크한다.

1차 Test 결과 참여자들의 수식독음 이해도는 예상과 달리 평균 80%의 저조한 이해도를 보였다. 이러한 테스트결과를 바탕으로 참여자들과 심층 인터뷰를 진행 한 결과 대부분 참여자들은 수식을 읽어주는 속도와 수학기호의 인지 여부에 따라 수식독음 이해도 측정에 방해를 받았음을 알 수 있었다. 이에 한글 독음을 읽어주는 속도와 수학 기호 교육여부에 따라 수식의 한글 독음의 이해도에 변화가 생기는지 알아보기 위해 2차 Test를 실시하였다.

4.2 2차 테스트

수식 15개를 각각 보통속도와 보통속도보다 25~30% 빠른 속도로 녹음하여 일반인 5명과 시각장애인 3명에게 각각 들려주었다. 또한, 다른 15개의 수식 샘플을 준비하여 실험에 앞서 간략하게 실험에 사용될 수식기호에 대해 사전 교육을 실시하고, 각각 속도를 달리하여 그 이해도를 측정해보았다.

표 7을 보면 알 수 있듯이, 일반인들은 수식을 읽어주는 속도가 빠를수록 수식의 한글 독음의 이해도는 평균 9.2 (표준편차 2.4)와 10.8 (표준편차 1.4)로 개인적으로 차이가 있긴 하지만 속도를 천천히 했을 때 보다 수식독음 이해도에 뚜렷한 감소증상을 보였다. 수식 기호를 미리 교육하였을 경우에는 속도가 빠를 경우 평균 10.8 (표준편차 1.4)로 개인적으로 차이가 있긴 하지만 사전 교육이전의 보통 속도로 읽어주었을 때 보다 이해도가 떨어졌으며, 대부분의 참가자들은 수학기호에 대한 사전교육과 보통속도로 수식을 읽어 줄 때, 평균 14.8과 표준편차 0.4로 수식의 한글독음에 대한 이해도가 가장 높았다.

시각장애인의 경우, 수식의 한글독음을 읽어주는 속도가 빠를 경우 평균 10.6(표준편차 0.57)로 속도가 보통

표 7 2차 Test 결과

(일반인 5명)

실험방법	빠른속도	보통속도	빠름+교육	보통+교육
평균	9.2/15	12.6/15	10.8/15	14.8/15
표준편차	2.48998	1.51658	1.48324	0.44721

(시각장애인 3명)

실험방법	빠른속도	보통속도	빠름+교육	보통+교육
평균	10.6/15	12.3/15	13.3/15	15/15
표준편차	0.57735	0.57735	1.52753	0

일 때(평균 12.3, 표준 편차 0.57)보다 이해도가 낮았으며, 수학기호의 사전 교육이 실시된 실험에서는 사전교육이 실시되기 전 실험보다 모두 속도와 상관없이 이해도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 그리고 실험에 참가한 모든 시각장애인들은 수학기호에 대한 사전 교육이 실시되고, 보통 속도로 수식이 읽어 졌을 때, 15개의 수식을 모두 이해하는 100% 이해도를 보여주었다. 이러한 결과를 바탕으로 일반인과 시각장애인의 Test 결과 값을 비교해보면 다음과 같다.

(%) \ 방법	빠른속도	보통속도	빠름+교육	보통+교육
일반인	61.3%	84%	72%	98.7%
시각장애인	71%	82%	88%	100%

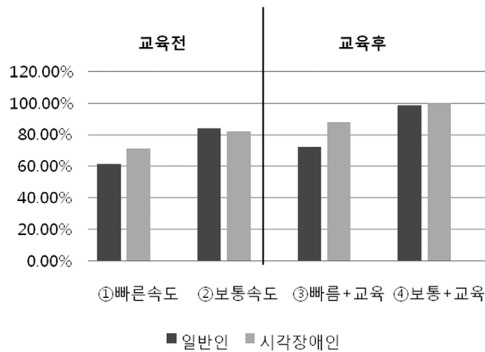


그림 3 일반인과 시각장애인의 Test 결과 비교

위 그림 3에서 알 수 있듯이 일반인은 시각장애인과 비교했을 때 수식에 대한 사전 교육보다는 수식을 읽어주는 속도에 민감하게 반응하며 속도가 빠를수록 한글 수식독음에 대한 이해도가 낮았다. 시각장애인의 경우 수식을 읽어주는 속도보다는 수식 기호의 사전 교육 실시 여부에 따라 수식독음의 이해도에 차이가 났으며, 사전교육을 실시한 경우, 수식의 이해도가 더 높아지는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 실시한 테스트 결과 시각장애인과 일반인 모두 수식을 읽어주는 속도와 수학기호의 사전 교육의 여부에 따라 한글 수식 독음의 이해도에 영향을 받으며, 특히, 일반인은 수식을 읽어주는 속도에 많은 영향을 받고, 시각장애인은 수학기호에 대한 교육여부에 따라 수식독음의 이해도가 달라짐을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구

국내에서 제작되는 전자도서들은 현재 문서 내에 작성된 수식 및 수학 기호들은 음성으로 변환하지 못하여 독서 장애인들에게 제약적인 음성서비스를 제공하고 있다. 이에 본 논문에서는 다양한 케이스를 분석하여 한글

독음 규칙의 필요성을 제기 하고, 이를 바탕으로 중학교 수학 교과서를 분석하여 한글 독음 규칙을 정의하였으며, 수식을 한글 독음으로 생성해주는 'Math Expression Reader'를 구현하였다. 또한 생성된 수식의 한글 독음을 직접 사용자들에게 테스트 해봄으로써 생성된 한글 수식 독음을 얼마나 정확히 이해하고 알아들을 수 있는지 평가하고 그 결과를 비교 분석하였다. 그 결과 수식을 읽어주는 속도와 수학기호의 사전 교육의 여부에 따라 한글 수식 독음의 이해도에 영향을 받으며 수식 한글 독음의 정확한 이해를 위해서는 한글 수식독음의 서비스 부분(수학 기호와 관련된 도움말 및 Help기능) 및 수식을 읽어주는 속도 등에도 향후 지속적인 연구가 계속해서 이루어 져야 함을 알 수 있었다. 또한 본 연구는 중학교 교과서라는 한정된 범위 내에서 수식의 한글독음을 정의 하였다. 따라서 향후 고등학교 수학 교과서 및 대수학을 바탕으로 수식의 한글 독음 규칙에 대한 정의도 계속해서 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] S. I. Lee, The National Disabled Library Support Center: The Report on Digital Information Service for Disabled, The National Library of Korea, 2007. (in Korean)
- [2] H. G. Lee, S. A. Kim, J. H. Kim, "Methods to Improve Reading Environment for the Disabled," *Journal of Special Education*, vol.8, no.4, pp.699-720, 2007. (in Korean)
- [3] S. H. Park, A Study on the Development Direction of the Digital Textbook for Disabled, KERIS, 2007. (in Korean)
- [4] DAISY, The DAISY Consortium: DAISY 3.0 Specification, <http://www.daisy.org>
- [5] Design Science, <http://www.dessci.com>
- [6] N. Soiffer, "MathPlayer V2.1: Web-based Math Accessibility," *9th ACM SIGACCESS Conference*, Phoenix, AZ, 2007.
- [7] N. Soiffer, "A Flexible Design for Accessible spoken Math," *Universal Access in HCP*, HCII2009, LNCS 5616, pp.130-139, 2009.
- [8] MathML, <http://www.w3.org/Math>
- [9] MathSpeak, <http://www.gh-mathspeak.com>, 2004-2006.
- [10] Braille Nemeth code, <http://www.gh-mathspeak.com/examples/Nemethbook>
- [11] SSML, Speech Synthesis Markup Language (SSML) Version 1.1, <http://www.w3.org/TR/speech-synthesis11/>
- [12] K. Yamaguchi, "On Necessity of a New Method to Readout Math Contents Properly in DAISY," *ICCHP 2010*, LNCS 6180, pp.415-422, 2010.
- [13] J. H. Lee, A Study of Math to Speech Translation Techniques for Domestic Reading Disabled, Master Thesis, Sookmyung Women's University, 2011. (in Korean)