

스마트 교육환경을 위한 e-교과서 포맷 표준화 방안 연구

손원성*, 임순범**, 김재경*

경인교육대학교 컴퓨터교육과* · 숙명여자대학교 멀티미디어학과**

요 약

스마트 기기의 보급과 Apple사의 iBooks 2 보급과 더불어 교육 환경에서의 디지털 교과서의 중요성이 높아지고 있다. 국내에서도 정부는 스마트 교육 추진 계획을 최근 발표하였으며, 디지털 교과서 적용 및 클라우드 교육 시스템 구성 등의 내용을 포함하고 있다. 미래의 교육환경은 이러닝을 넘어 다양한 디바이스에서도 정확한 학습 및 소통이 가능한 스마트 교육 환경을 필요로 하고 있다. 현재 정부의 디지털교과서 사업은 중장기 목표로 추진되고 있으며, 단기적인 목표로 전자책과 유사한 형태의 모델로서 배포가 용이한 PDF 기반 e-교과서 사업을 추진한 바 있다. 그러나 차후 스마트 교육을 위해서는 다양한 종류의 단말기에서도 변형이 용이하고 원본 콘텐츠에 대한 중립성이 강화된 e-교과서 전략이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 전자책 기반의 e-교과서 포맷에 대한 표준화 방안을 제안한다. 이를 위하여 먼저 전자책 요소 기술의 동향에 대하여 조사 분석을 하였으며, 기존 교과서의 분석을 바탕으로 서책형 교과서의 디지털화를 위한 전자책 포맷 표준화 방안을 연구하였다. 또한 제안된 표준 방안에 근거하여, 실제 e-교과서 시범 콘텐츠를 제작하였다. 그 결과 제안 기법은 향후 스마트 교육 환경에 적용 가능하며 디지털교과서 중장기 사업 목표에 효과적으로 응용 가능할 것으로 예상된다.

주제어 : 스마트 교육, e-교과서, 디지털교과서, 표준문서형식, ePub

A Study of e-Textbook Format Standardization Scheme for Smart Education Circumstance

Won-Sung Sohn*, Soon-Bum Lim** and Jae-Kyung Kim*

Gyeong-In Educational University, Dept. of Computer Education*

Sookmyung Women's University, Dept. of Multimedia Science**

Abstract

The Korea government has recently announced 「A Master Plan for Smart Education」, including application of digital textbooks and composition of education system using cloud computing. Our education system in future circumstance, over the conventional e-learning methods, needs the smart education solutions which enable students to study and communicate on various types of devices. The ongoing government project related with the digital textbook has been performed as mid- and long-term goals, whereas PDF-based e-textbook project, similar to e-book model and, has been already completed for the short-term goal. For the purpose of improved future smart education circumstance, however, a specific strategy is required in the following areas: flexibility of format conversion and independency of original text sources among the multiple device platforms. Therefore, in this paper, we propose a standardization scheme for e-textbook format based on e-book structure. To do this, we survey trends in e-book technologies, and research on standardization of e-book format for digitalization of textbooks, based on the analysis of existing textbooks. Moreover, we produce an example e-book content using our proposed standard method. As a result, our approach can be applied to the future smart education circumstance, and we may say that it will be efficiently applicable to the long-term digital textbook project.

Key Words : Smart-Learning, e-textbook, digital-textbook, standard document format, ePub

논문투고: 2011-09-30

논문심사: 2011-10-05

심사완료: 2012-09-21

1. 서론

최근 교육기술과학부가 발표한 「스마트 교육 추진전략」 [1]에서는 디지털교과서의 확대 적용 및 클라우드 교육 시스템 구축 등의 내용을 담은 미래 교육 전략을 포함하고 있다. 특히 시범사업으로 진행되어 왔던 디지털교과서 사업을 초·중·고 분야에 까지 확대하는 등의 미래교육과 관련된 주요한 내용을 제안하고 있다.

국내 디지털교과서 사업은 ‘플랫폼 구축 및 시범학교 적용’ 단계를 지나 다양한 형태의 사례 연구를 진행한 바 있다. 또한 2010년 발표한 ‘교과서 선진화 방안’[2]을 통하여 전자책과 유사한 형태의 모델인 e-교과서를 활용함으로써, 젊은 학습세대에게 보다 친밀한 형태인 태블릿 형태의 단말기 또는 개인용 모바일 형태로 교과서를 제공하기 위한 중·기적 전략을 추진한 바 있다. 현재는 일선현장에 PDF 형식의 CD롬 기반 교과서를 배포한 상태이며, 차후 보다 가볍고 중립적 포맷형식을 지원하는 발전된 e-교과서 개발이 시급히 요구되고 있다[3,4]. 특히 스마트 교육 및 클라우드 서비스 제공을 위해서는 과거에 개발된 디지털교과서 포맷을 다양한 형태의 단말기에 정확하게 배포할 수 있어야 하므로 표준 포맷에 기반한 e-교과서 사업 전략은 스마트 교육의 성공을 위한 주요한 기술적 이슈로 제기되고 있다.

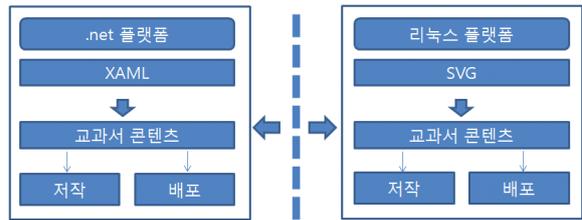
본 논문에서는 현재 전자책 시장에서 통용되는 표준 포맷 개발 사례를 살펴보고, 또한 e-교과서에서 필요한 학습자 상호작용을 분석하기 위하여 초등 6학년 국·영·수 교과서의 구조 및 기능 요소 그리고 학습 상호작용을 도출하였다. 또한 분석된 상호작용 요소를 표준 포맷에 어떠한 형태로 적용 및 확장되어야 하는지를 분석 하였으며, 분석 결과를 토대로 서책형 교과서의 디지털화를 위한 전자책 포맷 표준화 방안을 제안하였다. 마지막으로 제안된 포맷에 기반하여, 실제 e-교과서 시범 콘텐츠를 제작 및 적용을 한 후 이에 대한 장단점 파악을 통하여 표준화 가능성을 제시하였다.

2. 디지털 교과서 및 전자책 동향

2.1 디지털 교과서 플랫폼 현황

디지털교과서 플랫폼의 가장 중요한 이슈는 콘텐츠와 관련된 문서 포맷 및 출력방안이다. (그림 1)과 같이 기존의 제작된 디지털교과서 콘텐츠는 각각의 플랫폼에 따라 서로

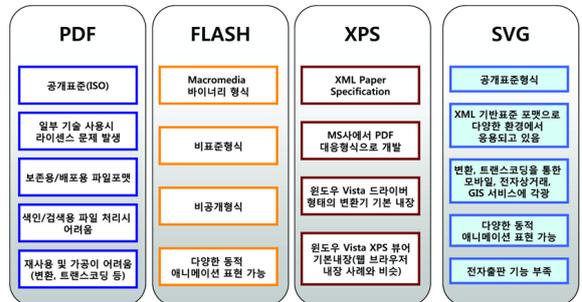
상이한 형태로 제작되었다. 즉 윈도우의 경우 MS에서 정의한 XAML 기반의 MS Silverlight 출력방식을 사용하며, 리눅스 기반 플랫폼의 경우 W3C 웹 표준인 SVG를 이용하여 콘텐츠가 제작되었다. 따라서 각각의 플랫폼에서 제작된 교과서 콘텐츠는 서로 호환이 되지 않기 때문에 학습자들은 해당 운영체제의 특정 플랫폼을 통해서만 교과서를 지원받게 된다. 또한 교과서를 제작하는 업체의 경우 XAML 혹은 SVG 형태로 콘텐츠를 직접 코딩하여 제작하고 있다.



(그림 1) 디지털교과서 플랫폼에서의 저작 및 배포 현황

2.2 전자출판 출력 기술 동향

현재 출판물 표기를 위한 다양한 출력 기술로는 다음 (그림 2)와 같은 기술들을 살펴볼 수 있다.



(그림 2) 출판물 표기를 위한 다양한 기술

특히 PDF나 Flash 등은 상업적으로도 크게 사용되고 있는 포맷이며 다양한 장점들을 포함한다. 그러나 이러한 포맷들은 특정 업체의 기술로서 내부 포맷에 대한 정보는 알 수 없을 뿐만 아니라 이를 출력하기 위해서는 특정업체의 엔진을 사용해야 한다. 따라서 대한민국 디지털교과서를 출력하기 위해서는 특정 업체의 출력기술에 의존하여 플랫폼을 구성해야 한다.

특히 현재 XAML은 높은 출력물질을 보장하며 관련된 다양한 API를 Microsoft사에서 제공하는 등의 장점을 포함함에도 불구하고 표준기반의 디지털교과서 출력방안은 반드시

지속적으로 연구되어야 한다.

그 결과 본 가이드라인에서는 SVG를 표준기반의 디지털 교과서의 출력방안으로 고려하였다. SVG는 W3C의 공개표준으로서 누구나 내부적으로 이해할 수 있으며 호환성 및 중립적 포맷으로 사용될 수 있는 장점을 제공한다. 그러나 SVG를 완벽히 지원하는 국내의 출력엔진은 매우 미비하며 특히 한글처리 및 출력과 관련된 공개된 기술은 상업적인 출력기술에 비하여 미비한 상태이다.

따라서 향후 SVG를 디지털교과서의 출력방안으로 고려할 경우 이와 관련된 기술적 제한점도 동시에 개선시켜야 할 것으로 판단된다.

한편 제안연구에서는 저작된 XHTML 기반 콘텐츠를 SVG 기반의 출력물로 변환하도록 한다. 이는 누구나 쉽게 저작된 원저작물을 별도의 배포형식으로 처리하여 원본문서를 보존하는 동시에 고품질을 출력결과를 제공할 수 있다. 그러나 SVG는 이미지 처리를 위한 벡터표준포맷이다. 따라서 문서 및 도서를 처리하기 위한 문서구조, 페이지 등의 정보를 포함하지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 해결하기 위한 방안을 제시하도록 하여 올바른 출력결과를 얻을 수 있도록 한다.

2.3 전자책 표준화 동향

전자책 시장에서는 ePub, PDF, Flash, 웹 기반의 HTML, 각종 이미지, 어플리케이션 형태의 전자책들을 다양한 포맷을 사용하여 저작 및 배포하고 있다[5,6,7]. 그러나 최근 IDPF[8]의 ePub[9]이 시장 표준으로 기존의 Text, HTML, PDF등 기존 포맷의 특성과 정보 자체를 수용하며 활발히 그 점유율을 확대해 나가고 있다. 국내의 경우, 전자책 표준화 포럼 등의 민간 단체를 통해 단체 및 국가 표준으로서 ePub을 제안하려는 움직임도 있다. <표 1>은 레거시(Legacy) 형식들과 ePub 표준 간의 비교표이다.

PDF의 경우 고정된 크기의 페이지를 확대 축소하는 방식이라는 한계가 있어 독서 편의성에 불편한 점이 있으며 글자크기 변환이 제한적이었다. 또한 업체 고유의 문서 포맷으로 패키징이나 호환성에서 문제가 있었다. HTML은 웹기반 표준이라는 특성으로 자유로운 형식과 다양한 기능이 제공되었으나 웹 환경에 한정적인 제한이 있고, 전자 출판물을 위해서는 출판 메타데이터나 패키징을 위한 정형화된 구조를 따로 정의해야 하는 불편함이 있다.

또한 타 콘텐츠와의 호환에 있어서도 ePub은 단말기의

지원여부에 따라 다양한 대체 형식을 포함 시키는 기능을 가지고 있으나 PDF는 이러한 기능이 전혀 지원되지 않고 HTML은 웹 형식에 국한하여 제한적인 지원이 가능하다.

Adobe의 ePub이나 킨들용 ePub 그리고 아이폰용 전자책 전용 앱 iBooks의 ePub과 같이 현존하는 대부분의 전자책 디바이스에서는 ePub이 사실상 시장의 표준(de-facto standard)으로서 사용되고 있다.

<표 1> ePub과 Legacy 전자책 형식 비교

구분	ePub	PDF	HTML
Reflow	O	X	O
글자크기 변환	O	리더기필요	O
이미지 처리	O	O	O
타 콘텐츠 호환성	O	X	△
폰트 다양성	O	O	O
파일 용량	적음	보통	많음
읽기 속도	빠름	보통	느림
출판 메타데이터	O	O	X
패키징	O	△	X

이러한 상용 ePub 표준들의 공통적인 특징은 확장성을 보장하는 것이다. 즉, 보다 편리하고 전자책으로서 의미적인 정보를 추가하기 위해 다양한 방식으로 확장을 하고 있으며, 이러한 확장 요소로는 페이지, 스타일 적용 방식, 탭플릿, 폰트, 메타데이터 등이 있다. 이러한 확장을 통해 전용 애플리케이션이나 사용자는 기존 ePub 표준에서 제공받지 못하는 정보와 서비스를 제공 받을 수 있게 되었다. 또한 이러한 추가적인 이점을 통하여 사용자로 하여금 콘텐츠 저작 및 특정 디바이스 환경에 맞도록 ePub을 쉽게 사용할 수 있게 하였으며, 이러한 점이 각 상용 ePub이 시장의 표준으로 자리매김을 하게 된 중요한 요소라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 e-교과서의 콘텐츠 포맷을 위하여 확장된 ePub 기반의 표준 포맷을 고려하고자 한다.

이를 위해 다음 장에서는 e-교과서의 표준화의 기본 원칙, 그리고 이러한 기본 원칙에 따른 ePub 적용 방안에 대하여 설명하도록 한다.

3. e-교과서 표준화 기본 원칙

3.1 e-교과서 기본 원칙

e-교과서는 기존 서책형 교과서 내용을 전자문서 형태로

제작 보급하는 것을 목적으로 하며, 단순한 전자문서가 아닌 서책형 교과서와 동일한 지위와 역할을 담당한다.

현재 e-교과서가 대상으로 하는 교과목은 <표 2>와 같이 교육과학기술부가 발표한 내용에 따라 우선 2011년에는 전국 초중고 국영수 교과목을 개발하도록 하며 이를 단계적으로 확대하여 전 과목에 적용하는 것을 목표로 한다. 이때 e-교과서는 도서간 연계성을 고려하는 것과 네트워크 연결 없이도 독립적으로 완벽한 실행을 위하여 CD 형태의 배포 방안을 고려한다. 그러나 향후 기술적인 발전 및 현황의 변화에 따라 다른 형태의 배포 방안을 고려할 수 있어야 한다.

<표 2> e-교과서의 구성 및 기능에 대한 요구사항

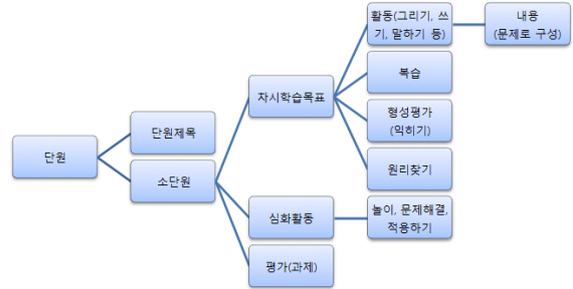
교과	내용표준 (안)
공통	·교과서의 내용을 모두 수록 ·뉴어기능: 장면의 확대, 축소, 검색, 바로가기, 책갈피, 메모, 인쇄 ·교과서에 표기된 문제에 대한 정답 및 풀이과정, 해설수록 ※ 단, 교과서에 표기된 정답 및 해설만 허용
국어	·국어와 생활국어와의 연계 ·작품의 듣기자료 하이퍼링크 ※ 초등학교 국정 지도서(CD 포함)에 포함된 자료 허용
영어	·영어와 영어 학습활동책과의 연계 ·듣기자료 하이퍼링크 ※ 교과서와 함께 제공된 내용만 허용
수학	·수학과 수학 익힘책과의 연계 ※ 초등학교 국정지도서에 포함된 자료 허용

3.2 교과서 구조 및 기능요소 분석

본 내용에서는 e-교과서의 내용표준 설계를 위하여 기존 서책형교과서의 주요 구조를 분석하고 그 기능에 대하여 조사하였다. 분석 대상은 2010년 4월 교육과학기술부 e-교과서 보급 계획에 따라 초등 6학년 국어, 영어, 수학 교과서를 대상으로 학습 구조를 분석하였으며, 동시에 서책형 교과서를 구성하고 있는 요소들의 주요 기능을 분석하여 어떠한 패턴들이 존재하는지 여부를 파악하였다. 본 내용에서는 지면상 수학교과서의 분석 내용을 제안하고자 한다.

수학교과서 분석은 수학책과 익힘책으로 구성되며, 학습 구조는 대단원, 소단원, 활동 및 심화 그리고 평가요소로 구성된다(그림 3). 소단원 내부에는 그리기, 쓰기, 말하기 등의 학습활동을 수행한다. 또한 단 단원 중간에 복습활동을 수행하고 형성평가를 익히며, 놀이, 문제해결 활동을 포함한 심화활동으로 구성된다. 마지막으로 평가를 수행한다. 각 구

조에 대한 상세내용은 아래와 같다.



(그림 3) 수학교과서의 학습구조 분석

수학익힘책의 학습구조는 본책과 비교하여 보충 및 심화 학습 구조가 반영되었다. 수학 익힘책의 기능적 분석 및 구조는 수학책과 동일하며 수학문제의 유형은 단답형, 선택형, 서술형, 그리기를 포함한다(그림 4).



(그림 4) 수학 익힘책의 학습구조

4. ePub 기반 e-교과서 개발 방안

4.1 ePub 기반 e-교과서의 콘텐츠 표현 방안

ePub은 IDPF에서 제정한 XML에 기반한 개방형 전자출판물(Electronic publication) 표준 포맷이다. ePub은 컨테이너 표준인 OCF(Open Container Format)[10], 콘텐츠 마크업 표준인 OPS(Open Publication Structure)[11], 패키징 표준인 OPF(Open Packaging Format)[12]의 3개 명세로 구성된다.

ePub의 OPS는 전자출판물의 콘텐츠를 표현하기 위한 표준으로 콘텐츠 생성자 및 공급자와 솔루션 개발자에게 콘텐츠 표현을 위한 공통 기준을 제공한다.

OPS는 래스터 이미지 포맷으로 JPEG, PNG, 그리고 GIF를 필수로 지정한다. 벡터 이미지를 지원하기 위하여 SVG[13]를 필수 포맷으로 지정하며 SVG의 애니메이션 및 스크립트를 지원하지 않는다. 한편 필수 포맷이 아닌 객체의 삽입을 위하여 <object> 엘리먼트의 사용을 권장한다. 예를 들어, 오디오, 비디오, Flash 등은 <object> 엘리먼트를 이용하여 콘텐츠 문서에 추가할 수 있다.

OPS는 XHTML 1.1과 더불어 DAISY(Digital Accessible Information System) 컨소시엄의 DTBook을 필수 콘텐츠 기술 언어로 지정한다. DAISY 컨소시엄은 시각 장애 등으로 기존의 종이책을 읽을 수 없는 독자를 위하여 적절한 데이터 포맷을 개발하였다. DTBook는 DAISY/NISO 표준으로 정의된 XML[14] 스키마이다.

4.1.1 서책형 교과서의 페이지 번호 표현

종이책에서 페이지 번호는 특정한 페이지로 이동할 수 있도록 지원하는 중요한 요소이다. 특히 서책형 교과서에 기반을 둔 e-교과서의 경우, 해당 서책형 교과서의 페이지에 대한 참조 정보를 포함할 필요가 있다. ePub은 서책의 페이지 번호를 전자책에 표현하는 공통 기준을 명시하지는 않으나 일반적으로 두 가지 방법이 사용될 수 있다.

```
<pageList>
<navLabel><text>Pages List</text></navLabel>
  <pageTarget type="normal" id="p1" value="1">
    <navLabel><text>1</text></navLabel>
    <content src="content.html#p1"/>
  </pageTarget>
</pageList>
```

(그림 5) NCX pageList로 표현한 예

본 연구에서는 NCX[15] pageList를 사용을 권고한다. ePub 표준을 따르면서 e-교과서에 서책의 페이지 정보를 삽입하기 위한 NCX의 pageList는 (그림 5)과 같이 페이지가 시작하는 위치에 페이지번호식별자 (id="페이지번호식별자")를 추가한다. 특히 페이지번호식별자는 공통 표기법(예, pxxxxxx 등)을 정의하여 사용할 것을 권장한다. 만일 페이지가 단락의 중간에서 시작할 경우, 예를 들어, 와 같이 해당 위치를 인라인 엘리먼트로 표시할 수 있다.

4.1.2 콘텐츠 문서의 논리적 계층 구조 표현

일반적으로 XML 문서가 포함하는 논리적 계층 구조는 내비게이션의 용이성, 구조 기반 검색 및 저장 등 다양한 장점을 제공한다. ePub은 논리적 구조를 표현할 수 있는 구조 가이드라인을 제공한다.



(a)장(chapter)의 표현 예 (b) ePub 구조 표현 예
(그림 6) ePub의 논리적 계층 구조를 표현한 예

예를 들어, (그림 6(a))의 장(chapter) 구조의 경우, class를 이용하여 (그림 6(b))와 같이 표현할 수 있다. 본 연구에서는 ePub의 구조 표현 방법에 기반하여 XHTML 콘텐츠 문서에 논리적 구조를 표현하는 방법을 제안한다.

XHTML 콘텐츠 문서에 논리적 구성 요소의 유형(장, 절 등)을 표현하기 위하여 id 속성을 이용할 것을 권장한다. 이를 위하여 <section> 등의 블록 엘리먼트와 , <p> 등의 인라인 엘리먼트를 이용한다. 또한 장, 절(section) 등과 같이 논리적 구성 요소가 제목(heading)을 갖는 경우, 해당 엘리먼트 바로 아래에 <h> 엘리먼트를 위치시켜 제목을 기술한다.

4.1.3 멀티미디어: 비디오 및 오디오

E-교과서에서 멀티미디어는 학습자의 흥미를 유발할 수 있는 효과적인 수단이다. 예를 들어, 효과적인 발음 학습 및 연습을 위하여 오디오는 물론이고 입모양에 대한 비디오를 제공할 수 있다. 또한 동식물을 설명할 때 3D 입체로 표현하여 임의로 움직여볼 수 있도록 하는 등 멀티미디어를 활용하여 학습자의 이해를 도울 수 있다. 특히 본 절에서는 e-교과서에 비디오 및 오디오를 추가하는 방법을 기술한다.

ePub은 대체정보(fallback) 기술을 통한 확장 메커니즘을 제공하기 때문에 임의의 멀티미디어 객체를 삽입할 수 있다. 특히 필수 포맷이 아닌 객체의 삽입을 위하여 object 엘리먼트의 사용을 권장한다. 오디오, 비디오 등을 아래 (그림 7)과 같이 object 요소를 이용하여 콘텐츠에 추가할 수 있다.

```
<object type="application/x-shockwave-flash"
data="flash.swf" width="300" height="400">
<param name="movie" value="flash.swf" />
<!-- flash video를 대체가능한 GIF 파일을 기술-->
</object>
```

(그림 7) OPS에 flash 비디오 파일을 추가한 예

한편 오디오 포맷의 경우, 본 연구에서는 DAISY DTBook에서 권장하는 MPEG-4, MPEG-1/2, Linear PCM 포맷의 사용을 권장한다. 즉, e-교과서를 지원하는 ePub 리더가 아래 오디오 포맷 중에 적어도 한 개 이상의 포맷을 지원할 것을 권장한다. 각 포맷 별 추가적인 제약사항은 DAISY DTBook의 내용을 따른다.

4.1.4 수식 표현

XML은 현재 다양한 분야에서 표준 포맷으로 널리 사용되고 있다. 이에 OPS는 XML의 namespace 메커니즘을 기반으로 다양한 유형의 XML 문서를 콘텐츠로 활용할 수 있는 방법을 제공한다.

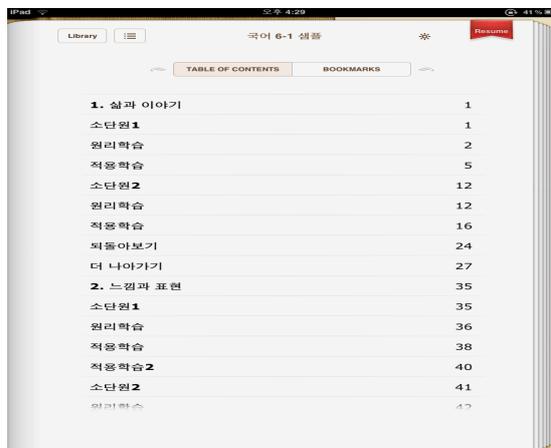
본 연구는 e-교과서에서 수학공식의 표현을 위하여 MathML의 이용을 권장한다. MathML을 지원하지 않는 단말기를 위하여 이미지나 텍스트 형태의 대체 정보를 기술한다. 수식을 이미지로 표현할 때와 비교하여 MathML은 수식의 크기를 변경하거나 내용을 수정하는데 있어서 효과적이다. 또한 XML에 기반하여 수식의 검색 및 재사용이 가능하며 e-교과서를 포함한 학술 서적간의 의미적 상호운용성을 지원한다.

5. ePub 기반 e-교과서 시범 콘텐츠 개발 사례

본 장에서는 앞서 제안한 표준 포맷 제정원칙에 기반한 ePub 기반 e-교과서를 개발한다. 본 연구에서 구현한 샘플 콘텐츠는 초등학교 6학년 국어, 수학 과목을 대상으로 한다.

5.1 국어 교과서 적용 사례

국어 교과서는 초등학교 국어 읽기 6-1을 대상으로 한다. 국어 교과서의 경우, 한 단원 내에 여러 가지 세부 구조를 가지는 형태로 구성되어 있으며, 교과서 내에 수록된 전체 단원의 세부 구조는 거의 동일하다.



```
<navMap>
<navPoint class="chapter" id="navPoint-1"playOrder="1">
<navLabel>
<text>1. 삶과 이야기</text>
</navLabel>
<content src="text/content001.xhtml"/>
</navPoint>
<navPoint class="chapter" id="navPoint-2"playOrder="2">
<navLabel>
<text>2. 느낌과 표현</text>
</navLabel>
<content src="text/content002.xhtml"/>
</navPoint>
</navMap>
```

(그림 8) iBooks에서 실행한 구조 표현 결과 화면(상)과 상세 내용(하)

구조 및 메타데이터의 표현은 ePub 적용 시 문제가 없이 구현되었다. 페이지 요소의 경우 ePub 사양에는 명시되어 있으나, ePub 뷰어마다 독자적인 방식으로 페이지 처리가 되어 웹 기반의 뷰어에서 확인하였다. 스타일 및 폰트 또한 뷰어마다 지원 여부의 차이를 보였다.

본 논문에서는 <navMap> 태그를 이용하여 계층 구조를 표현하였다. <navMap> 엘리먼트의 자식 엘리먼트인 <navPoint>를 중첩하여 구성 요소 간의 계층 구조를 표현하였으며, <navPoint>의 속성 값을 통해 해당 구조의 유형과 순서를 표현하고 자식 엘리먼트인 <navLabel>을 통해 해당 구조의 이름을 표현하였으며 실제 구현된 결과 화면은 (그림 8)과 같다.

한편 페이지 번호 출력과 관련하여 ePub에서는 페이지를 표현하기 위해 NCX 파일의 pageList 태그를 정의하고 있다. 그러나 본 논문에서 사용한 iBooks 뷰어의 경우, 뷰어 내부에서 독자적인 페이지 분절에 대한 로직을 처리하고 있어, pageList

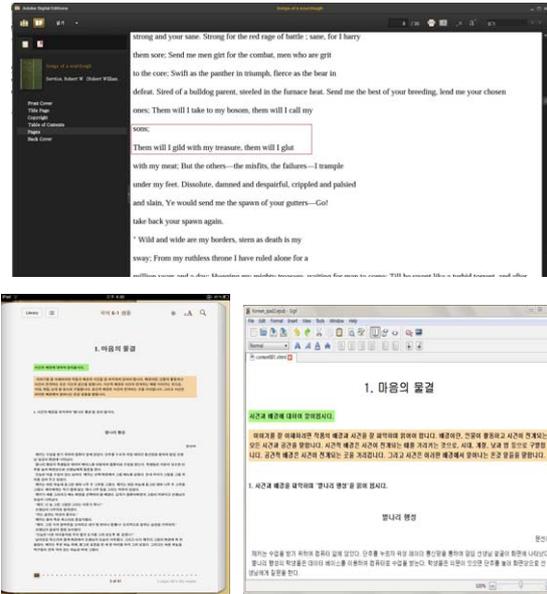
태그로 나타낸 페이지 정보를 표현할 수 없음을 확인하였다.

아래 (그림 9)은 `pageList` 태그를 사용하여 페이지 정보를 기술한 실제 구현 코드이며, (그림 11)은 ADE 뷰어에서 페이지 정보가 표현되는 화면을 나타낸 것이다. 소스코드에서 6페이지로 기술한 페이지 정보는 뷰어 자체적으로 8페이지로 변경되어 나타남을 알 수 있다.

```
<pageList><navLabel><text>Pages</text>
</navLabel>
<pageTarget type="normal" id="pagetarget000006"
value="6" playOrder="6">
<navLabel>
<text>6</text>
</navLabel>
<content src="part0000.html#page-6"/>
</pageTarget>...
...<p> sons;</p>
<div class="newpage" id="page-6"/>
<p> Them will I gild with my treasure, them
will I glut</p>
<p> with my meat; But the others—the
misfits, the failures—I trample</p>...
```

(그림 9) `pageList`로 페이지 정보를 기술한 예

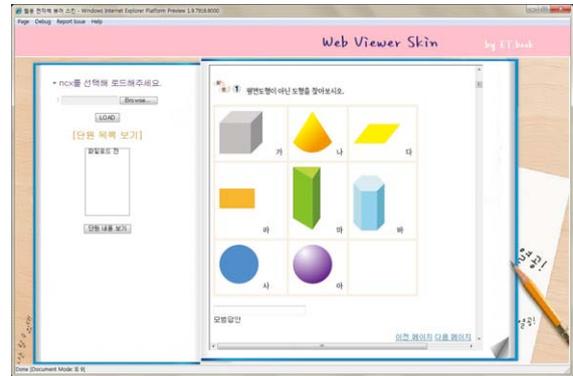
아래 (그림 10)은 다른 뷰어에서 페이지 정보가 표현되는 화면을 나타낸 것으로, 각 뷰어는 페이지 정보를 출력하지 않거나, 각각의 독자적인 페이지 정보로 나타나는 것을 알 수 있다.



(그림 10) ADE, iBooks 및 Sigil의 페이지 정보 출력

5.2 수학 교과서 적용 사례

수학 교과서의 경우, 간결한 구조를 가진 많은 단원으로 구성되어 있으며, 수식 표현, 도형 표현, 그래프 표현 등이 주를 이룬다. 본 연구에서 시범 콘텐츠로 구현한 단원은 MathML[18]을 이용한 수식 표현의 가능성 검토, SVG를 이용한 도형 표현의 가능성 검토를 위해, 다수의 수식과 도형이 포함된 1, 2, 8단원을 선정하였다.



(그림 11) 웹 기반 뷰어에서 SVG 출력 결과

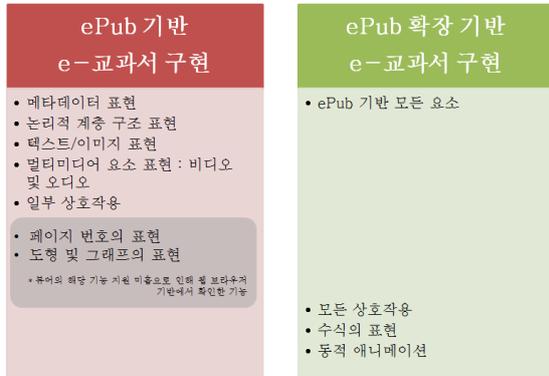
현재 ePub에서는 MathML을 필수 사양이 아닌 확장 가능 사양으로 정의하고 있다. 따라서 현행 모든 ePub 뷰어에서 MathML을 볼 수 있도록 하는 플러그인을 지원하지 않고 있어, MathML을 사용하더라도 뷰어에서 확인할 수 있는 방법이 없는 상황이다.

도형의 표현은 MathML과 달리 ePub에서는 SVG를 사양에서 정의하고 있다. ePub에서 SVG 이미지는 OEBPS 폴더의 Images 폴더 안에 SVG 코드를 작성한 후, 교과서 콘텐츠즈 파일에서 SVG 파일을 임베딩 하여야 하며 그 구현 결과는 다음 (그림 11)와 같다.

5.3 시범 콘텐츠 구현 결과 분석

본 장에서는 e-교과서의 요구사항을 토대로 초등학교 6학년 국어, 수학, 영어 교과서를 e-교과서로 만들기 위해 ePub을 기반으로 시범 콘텐츠를 구현하였다. ePub 사양에 명시되어 있으나, 뷰어 및 기타 문제로 확인할 수 없는 항목은 웹 기반의 뷰어에서 구현하였으며, ePub 사양에 명시되어 있지 않은 요구사항 또한 웹 기반에서 구현함으로써

ePub의 e-교과서 적용 가능성을 검토하였다.



(그림 12) ePub 및 ePub 확장 사양 기반으로 구현한 e-교과서의 구성 요소

텍스트 및 이미지 표현을 비롯한 메타데이터의 표현, 논리적 계층 구조의 표현, 멀티미디어 요소의 표현 등 ePub 사양에 포함되어 있는 항목은 ePub 기반으로 구현이 가능하였다. 그러나 페이지 번호의 표현, 도형의 표현 등 ePub 사양에 포함되어 있음에도 불구하고 뷰어 상의 문제로 확인할 수 없는 항목과 ePub 사양에 명시되어 있지 않은 수식의 표현은 ePub 확장 사양을 포함한 웹 브라우저 기반으로 구현함으로써 적용 가능성을 검토하였다. ePub 사양에 명시되어 있지 않은 상호작용의 표현은 ePub 사양에 포함되어 있지 않으나 iBooks, sigil과 같은 일부 뷰어에서 Javascript 기능을 지원하고 있어, ePub 사양을 일부만 확장할 경우 e-교과서의 구현에 문제가 없음을 확인하였다.

ePub의 e-교과서 적용 가능성 검토를 위해 기존 디지털 형태의 교과서와의 비교를 실시하였다. 비교를 위해 사용된 디지털 형태의 교과서는, 교육과학기술부에서 온라인을 통해 제공하는 디지털교과서(국어, 수학) 및 CD 형태로 배포되고 있는 플래시 기반의 교과서(영어)이다.

아래 <표 3>에서 확인할 수 있듯이, 파일 사이즈의 경우 교육과학기술부의 디지털교과서 및 플래시 기반의 교과서가 약 500~600MB 정도의 파일 크기인 반면, ePub 기반의 교과서는 비디오 자료를 포함한 영어 교과서의 경우에도 136MB 정도의 용량으로 약 4분의 1 정도임을 확인할 수 있다. 전용 소프트웨어의 경우 모든 디지털 형태의 교과서가 별도의 소프트웨어 설치를 필요로 하였으며, 디지털교과서 외 플래시 및 ePub 뷰어의 경우에는 어렵지 않게 소프트웨어를 설치할 수 있다.

<표 3> 기존 교과서와 ePub 기반 교과서 비교

디지털 교과서 형태	과목	파일 사이즈 (KB)	소프트웨어 설치 여부
디지털 교과서	국어	628,414	전용 플랫폼 설치 필요
	수학	660,480	
플래시 기반 교과서	영어	521,239	플래시 설치 필요
ePub 기반 e-교과서	국어	7,150	ePub 뷰어 설치 필요
	수학	16,188	
	영어	139,360	

다음으로 ePub 기반 e-교과서 구현 시 가장 개선이 시급한 부분은 현행 뷰어이다. 현행 뷰어에서는 ePub에서 명시하고 있는 사양이 제대로 동작하지 않은 경우가 많아 ePub의 효율적인 e-교과서 적용이 어렵다. 아래 <표 4>는 ePub에서 명시한 사양을 토대로 e-교과서에 적용하였을 때 각 뷰어에서의 요구 사항의 지원 여부를 나타낸 것이다. (단, △로 나타낸 것은 뷰어 작동 상의 오류로 인해 지원 여부가 고정적이지 않은 경우를 의미한다.)

<표 4> ePub 뷰어 별 지원 가능 여부

	ePub specification	Sigil	iBooks	Adobe Digital Edition
Font	○	○	X	△
Interaction	△	○	△	X
Flash	X	X	X	○
목차(ncx)	○	X	○	○
Metadata	○	X	○	○
SVG	○	○	X	△
Style	○	○	○	△
Page	○	X	X	X
Video/Audio	○	X	○	X

e-교과서 구현에 있어 중요한 요구사항임에도 불구하고 ePub 사양에 명시되어 있지 않은 부분은 확장이 필요하다. 특히 학생의 흥미 유발 및 이해도 증진을 위한 동적 애니메이션 구현, 상호작용 등의 요소와 수학 교과에서의 수식을 표현하기 위한 MathML은 필수 요소임에도 불구하고 ePub 기본 사양에서 명시하고 있지 않아 구현이 어려운 점은 개선이 필요하다. 아래 <표 5>는 교과서로써 가져야 할 요구사항임에도 불구하고 ePub에서 명시하지 않은 사양을 나타낸 것이다. (단, △로 나타낸 것은 뷰어 작동 상의 오류로 인해 지원 여부가 고정적이지 않은 경우를 의미한다.)

<표 5> ePub 사양에 명시되지 않은 기능 지원 여부

	ePub	Sigil	iBooks	ADE
MathML	X	X	X	X
Interaction	X	○	△	X
SVG	X	X	X	X

본 연구에서는 스마트교육의 필수 선행조건인 서책형 e-교과서 포맷의 표준화에 대한 기본 방향을 검토하였다. 특히 전자책의 업계 표준인 ePub를 기반으로 e-교과서 샘플 콘텐츠를 구현하였으며, ePub의 확장사양을 반영하였다. 본 연구에서 작성한 샘플 콘텐츠를 분석한 결과, 교과서가 요구하는 상호작용을 포함하여 만족할만한 수준의 e-교과서를 ePub 형식으로 표현할 수 있었다.

6. 결론

한편, 현재 상용화되어있는 ePub 뷰어의 완성도 및 호환성이 부족함으로 현재 e-교과서를 사용하거나 시연하는데 혼란이 많았다.

따라서 ePub 콘텐츠를 제작하는 현행 저작도구의 대폭 개선이 필요하며 동시에 e-교과서 콘텐츠 개발의 활성화를 위한 전용 저작도구의 개발이 요구된다.

또한 ePub 사양의 확장 기능을 충분히 고려하여 e-교과서에서 필요한 요소인 상호작용, 동적 애니메이션 기능, MathML의 표현 기능, 그리고 궁극적으로는 HTML5 지원이 가능한 표준이 요구된다.

이러한 본 연구의 결과는 향후 추진될 스마트교육 사업 추진을 위한 디지털교과서 표준 및 인프라 구축 과정에 중요하게 적용될 수 있을 것이라 예상된다.

참 고 문 헌

[1] 스마트교육 추진전략(2011), 교육과학기술부
 [2] 교과서 선진화 방안(2010), 교육과학기술부
 [3] 손원성, 임순범, 남동선(2009), 공개SW기반 디지털교과서 플랫폼에서의 표준 기반 저작 및 배포 포맷 적용방안, 정보처리학회지, 16-5, 5-33.
 [4] 정의석(2008), 디지털교과서 현황 및 발전방향, IITA, 1347, 14-22.
 [5] 손원성, 고승규, 이경호, 김성혁, 임순범, 최윤철(2001), XML에 기반한 한국전자책 문서 표준, 정보처리학회지, 8-3, 27-37.

[6] 대한민국전자책문서표준형 정의 KS X 6100, http://www.kssn.net/stdks/ks_detail.asp?k1=X&k2=6100&k3=2
 [7] Sohn, W., Ko, S., Lee, K., Kim, S., Lim, S. and Choy, Y.(2002), Standardization of eBook documents in the Korean industry, Computer Standards & Interfaces, 24-1, 45-60.
 [8] International Digital Publishing Forum, ePub Specifications, <http://www.idpf.org/>
 [9] Open eBook Forum, <http://www.openebook.org>, 2008
 [10] OEBPS Container Format v1.0, <http://www.openebook.org/ocf/ocf1.0/index.htm>
 [11] Open Publication Structure (OPS) 2.0, http://www.openebook.org/2007/ops/OPS_2.0_final_spec.html
 [12] Open Packaging Format (OPF) 2.0, http://www.openebook.org/2007/opf/OPF_2.0_final_spec.html
 [13] Scalable Vector Graphics (SVG) Tiny 1.2 Specification, <http://www.w3.org/TR/SVGMobile12/>
 [14] World Wide Web Consortium, Extensible Markup Language (XML) 1.0, <http://www.w3.org/TR/REC-xml>
 [15] Clarify NCX Reading System Requirements, <http://www.daisy.org/epub/issues/clarify-ncx-reading-system-requirements>
 [16] Adobe - Digital Editions, www.adobe.com/products/digitaleditions

저 자 소 개



손 원 성

1998년 동국대학교 컴퓨터공학과 (학사)
 2000년 동국대학교 컴퓨터공학과 (석사)
 2004년 연세대학교 컴퓨터과학과 (박사)

2004년~2006년 Carnegie Mellon University, Post Doc.
 2006년~현재 경인교육대학교 컴퓨터교육과 조교수
 2000년~2002년 대한민국 전자책 표준화위원회(KS5601) 간사
 2009년~현재 TTA PG601 WG6012 디지털교과서 표준화위원회 위원
 관심분야 : 인간과 컴퓨터 상호작용(HCI), 문서처리, 컴퓨터교육
 E-mail : sohnws@ginue.ac.kr



임 순 범

1982년 서울대학교 계산통계학과
(학사)

1983년 한국과학기술원 전산학과
(석사)

1992년 한국과학기술원 전산학과
(박사)

1989~1992년 (주)휴먼컴퓨터 창업(연구소장)

1992~1997년 (주)삼보컴퓨터 프린터개발부 부장

1997~2001년 건국대학교 컴퓨터학과 교수

2006년 University of Colorado 방문교수

2002년~기술표준원 전자문서처리위원회 및 ISO/IEC
SC34 표준화 위원

2009년~TTA PG601 WG6012 디지털교과서 표준화위
원회 위원장

2001년~현재 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 웹/모바일 멀티미디어 응용,
디지털 방송, 전자출판(폰트, 전자책, XML 문서)

E-mail : sblim@sm.ac.kr



김 재 경

2000년 단국대학교 화학/전산통계
(학사)

2002년 연세대학교 컴퓨터학과
(석사)

2007년 연세대학교 컴퓨터학과
(박사)

2007년~2009년 University of Pittsburgh,

Post Doc.

2009년~2010년 연세대학교 컴퓨터학과, 연구교수

2010년~2011년 경인교육대학교 컴퓨터교육과 스마트
교육연구센터 선임연구원

관심분야 : 소셜 네비게이션, 인간과 컴퓨터 상호작용
(HCI), 문서처리, 가상환경

E-mail : jkkim1127@gmail.com