

교량설계문서의 통합관리를 위한 XML 기반의 문서모델 개발과 응용

Development of XML-based Document Model and Its Applications for Integrated Management of Bridge Design Documents

이 상 호* 김 봉 근** 정 동 균*** 강 형 택****
Lee, Sang-Ho Kim, Bong-Geun Jeong, Dong-Gyun Kang, Hyeong-Taek

ABSTRACT

This paper presents a prototype of document schema to guarantee the consistency of the bridge design information during the life-cycle of bridge. The main component of document schema for bridge design information is derived from the Document Type Definition (DTD) Pool which is the Construction CALS/EC standard in Korea and the document schema is implemented by using the XML Schema. The ifcXML are adopted for representing product data of bridge. A pilot system adopting the document schema and its application to existing bridge show that the suggested document schema can be efficiently used to develop software modules supporting the integrated design documents for bridges.

1. 서 론

컴퓨터 하드웨어의 급속한 발전에 힘입어 여러 산업분야에서는 컴퓨터를 활용한 부가가치 생산에 많은 관심을 갖게 되었다. 특히 제조업을 중심으로 연구되어온 CIM(computer-integrated manufacturing) 개념은 CIC(computer-integrated construction) 개념의 시발점이 되었으며, 이 CIM 또는 CIC 개념을 실현하기 위한 틀의 하나로써 정보모델 개발에 관한 많은 연구가 수행되었다. 정보모델은 컴퓨터가 인식할 수 있도록 제품 또는 시설물의 데이터 저장방식을 구조화하여 정의한 것으로서 제조산업의 경우 기획, 설계, 제조, 판매 및 서비스에 소요되는 시간을 단축시키는 동시공학적 생산라인 구축에 핵심이 되어왔다. 인천국제공항 건설사업에 도입된 패스트트랙(fast track) 방식과 같이 건설산업에서도 동시공학을 이용한 이익창출을 꾀하고 있는 추세이다. 그러나 이러한 패스트트랙 방식에서는 단위 프로젝트내에서 사용하는 설계도서의 양식과 이를 활용하는 어플리케이션의 종류를 표준화함으로써 정보를 공유 및 교환한다. 이러한 방식은 어플리케이션에 의존적으로 정보를 관리하므로 매우 긴 공용기간을 가지는 사회기반시설물의 데이터 연속성을 확보하는 데에 어려움이 있으며, 유지보수에 참여하는 여러 업체가 관련 정보를 재활용하는 경우에도 비효율적이다.

사회기반시설물은 교량, 댐, 지하매설물, 도로채 등과 같이 다양한 구조물이 복합적으로 이루어져 있기 때문에 모든 구조물의 표준화된 정보모델을 건설사업 프로젝트에 적용하는 것은 지금의 현실로는 한계가 있으나, 최근 교량구조물을 중심으로 사회기반시설물의 정보모델 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 예로 이상호와 정연석⁽¹⁾은 ISO(International Organization for Standardization)의 STEP(Standard for the

* 정희원 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 토목환경공학전공 부교수
** 정희원 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 토목환경공학전공 박사과정
*** 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 토목환경공학전공 박사과정
**** 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

Exchange of Product Model Data) 개발 방법론을 이용하여 강교량에 대한 정보모델을 개발하였으며, Yabuki와 Shitani⁽²⁾는 IAI(International Alliance for Interoperability)의 IFC(Industry Foundation Classes)2x 모델을 기반으로 PC/RC 슬래브 교량의 정보모델을 개발하였다. 또한 대표적인 건설정보 표준화 단체인 IAI도 자체적으로 IFC-BRIDGE 데이터모델 개발을 위한 프로젝트를 진행하고 있다⁽³⁾. 그러나 정보모델의 기본적인 개념이 제조산업에서 비롯된 만큼 과거의 경험과 지식이 매우 중요하게 적용되는 교량의 설계, 시공 및 유지관리에서는 그 활용성에 한계가 있다. 따라서 전통적으로 교량구조물의 설계를 위한 전문가시스템 혹은 지식기반시스템 개발에 있어서는 현재 주요 이슈가 되는 CAD, CAE 계열의 응용프로그램을 위한 정보모델보다는 지식정보를 구조화하는 것이 주요 초점이 되어왔다^{(5),(6)}.

본 논문은 교량구조물의 복잡한 공학적 정보와 함께 구조물의 설계조건, 형식선정 이유 등 다양한 지식정보를 포함하는 설계문서를 통합적으로 운용하기 위해 필요한 문서모델을 XML(Extensible Markup Language) Schema를 통하여 정의하고, 이를 이용하여 교량구조물의 공용기간동안 설계정보를 일관성있게 운용할 수 있는 응용프로그램 개발의 가능성을 테스트하는데 그 목적이 있다. 설계보고서와 구조계산서는 지식정보를 담고 있는 문서이면서 구조해석모델링 정보 등을 함께 가지고 있는 대표적인 문서이므로 본 논문에서는 교량구조물의 설계보고서와 구조계산서에 초점을 맞추어 문서모델의 프로토타입을 개발하였다.

2. 교량설계문서의 통합관리를 위한 문서모델 구현

본 논문에서 의미하는 문서모델은 XML DTD(Document Type Definition)를 기반으로 하는 기존의 전자문서 정보모델과 3차원 형상정보 또는 구조해석모델링 정보와 같은 CAx 계열 응용프로그램을 위한 제품정보 모델이 통합된 모델을 말한다. 본 논문에서 개발한 문서모델은 건설CALS/EC 단체표준으로 공고된 건설CALS/EC 전자문서 표준⁽⁶⁾을 기반으로 XML Schema를 이용하여 정의하였으며, 제품정보모델은 IFC2x2를 교량구조물을 위해 확장하여 전자문서 정보모델과 연계하였다.

2.1 건설CALS/EC 전자문서 표준 정보모델

건설CALS/EC 전자문서 표준의 부속서는 건설분야 문서에 사용되는 2200여종의 구성항목과 160여종의 문서구조를 제공한다. 건설CALS/EC 전자문서 표준에서 제시하는 전자문서의 공통정보체계는 크게 문서의 표현그룹, 내용그룹 및 문서의 구조를 나타내는 그룹으로 나눌 수 있다. 문서의 표현을 위한 그룹은 문단, 표, 그림, 도면, 참조자료 등의 정보를 참조정보 또한 속성체계를 이용하여 정의되어 있으며, 내용그룹은 건설문서 각각의 목적에 따라 공통적으로 필요한 정보항목으로 구성되어 있다. 그러나 구조해석모델링 정보와 같이 CAx 계열 응용프로그램에 재활용될 수 있는 정보는 외부참조 파일 형식으로 연계되어 있기 때문에 여전히 응용프로그램에 종속적으로 해당 정보를 관리할 수밖에 없는 단점이 있다.

문서의 정보모델 혹은 문서의 구조를 정의하는 데에는 과거 SGML(Standard Generalized Markup Language)에서 활용하는 DTD를 이용하는 방법과 XML 문법자체를 이용한 XML Schema를 이용한 방법이 있다. DTD 파일 형식의 경우 본 연구에서 수행하고자 하는 전자문서 정보모델과 제품정보모델을 통합하는 데에 몇 가지 단점이 있다. DTD는 최근 소프트웨어 개발의 핵심적인 개념인 객체지향형 설계개념을 충분히 지원하지 못하며, 데이터 타입이 PCDATA와 CDATA로 한정되어있고, 정보항목 객체간의 상속관계의 설정에도 어려움이 있기 때문에 객체지향형 프로그래밍을 위해 설계된 제품정보모델과의 통합에 적합하지 못하다. 그러므로 본 연구에서는 '건설CALS/EC 전자문서 표준(안)'의 기본체계를 유지하되 통합자원모델의 구현에 XML Schema를 이용하였다.

2.2 교량설계정보의 문서모델

본 논문에서 제시하는 문서모델은 그림 1에 나타난 바와 같이 크게 Representation Items, Common Document Information, Document Contents를 정의하는 그룹으로 구성되어 있다. 각각의 대표 엘리먼트는 bdDocumentRepresentation, CommonDocumentInformation 및 bdDocumentObject이다. '건설CALIS/EC 전자 문서 표준'에 따른 구성항목의 영문표기법은 한국건설기술연구원의 연구성과⁽⁷⁾를 이용하였으며, 본 연구에서 추가로 확장한 구성항목은 'bd'로 시작하는 부분이다. CommonDocumentInformation은 문서의 일반정보와 그 구성체계를 정의하는 항목으로 구성되어 있으며, bdDocumentRepresentation은 문서 내용을 웹 브라우저에 표기하기 위해 필요한 속성체계로 구성되어 있다. 각 문서의 내용적인 측면에서 중요한 정보항목은 bdDocumentObject하위에 정의하였다. 본 논문에서는 설계보고서와 구조계산서만을 대상으로 하였기 때문에 bdDesignReport와 bdStructuralCalculation의 요소만을 구성하였으나 수리계산서 등과 같은 추가적인 문서의 항목을 bdDocumentElement 및 bdDocumentAbstract에 정의할 수 있다. 제품정보모델은 bdDocument의 ProductData를 통하여 IFC2x2를 기반으로 하는 제품정보모델을 참조할 수 있도록 하였다.

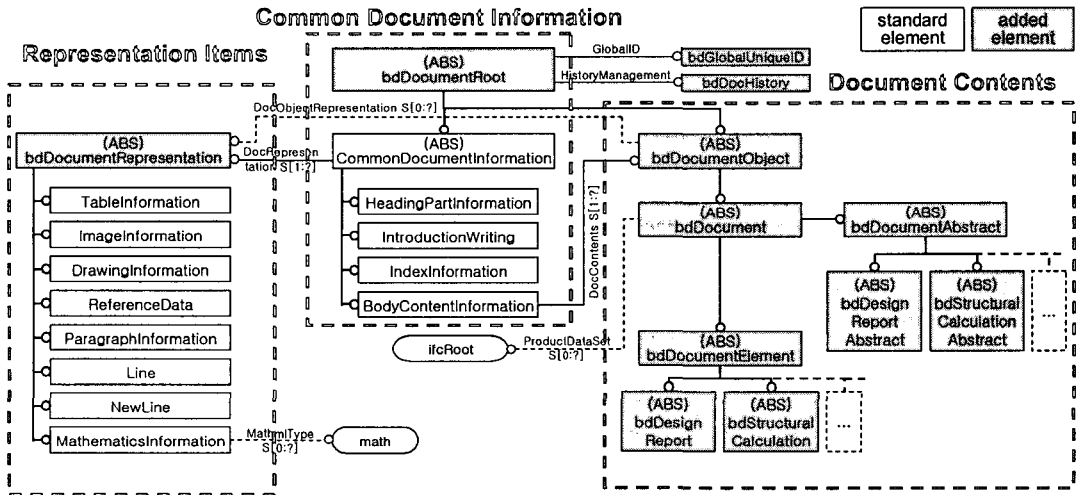


그림 1 교량 설계문서 웹서비스를 위한 통합자원 모델의 최상위 레벨

2.3 IFC2x2기반 교량의 제품정보모델

하나로 통합된 웹 문서파일로 문서정보와 제품정보를 관리하기 본 논문에서는 LAI에서 제공하는 IFC2x2 모델에 대한 XML Schema를 참조하였다. 다만 현재의 IFC2x2 모델은 교량구조물을 위한 클래스 정의가 되어 있지 않고 있으며, LAI에서 개발중인 IFC-BRIDGE data model 또한 형상정보를 위주로 정의되어 전통적으로 붙여진 교량구조물의 각 컴포넌트를 구분하는 데에는 적합하지 못하다. 따라서 본 논문에서는 Yabuki와 Shitani⁽²⁾가 기존 IFC2x 모델에 교량구조물의 각 컴포넌트를 삽입하는 방법론을 이용하고, 포괄적인 교량구조물의 컴포넌트를 정의하기 위하여 이상호와 정연석⁽¹⁾의 연구성과를 적용하였다. 그림 2는 이와 같은 방법론에 의해 IFC2x2 모델을 기반으로 구현한 교량의 제품정보모델을 나타낸 것이다. 교량구조물에 해당하는 각 요소는 ifcBuildingElement와 같은 위상의 대표항목인 BuildingElement 하위에 구성하였으며, ifcFooting, ifcPile과 같이 교량구조물의 정보모델에도 활용이 가능한 타입의 일부의 요소는 IFC2x2에서 정의한 모델에 그대로 수용하였다.

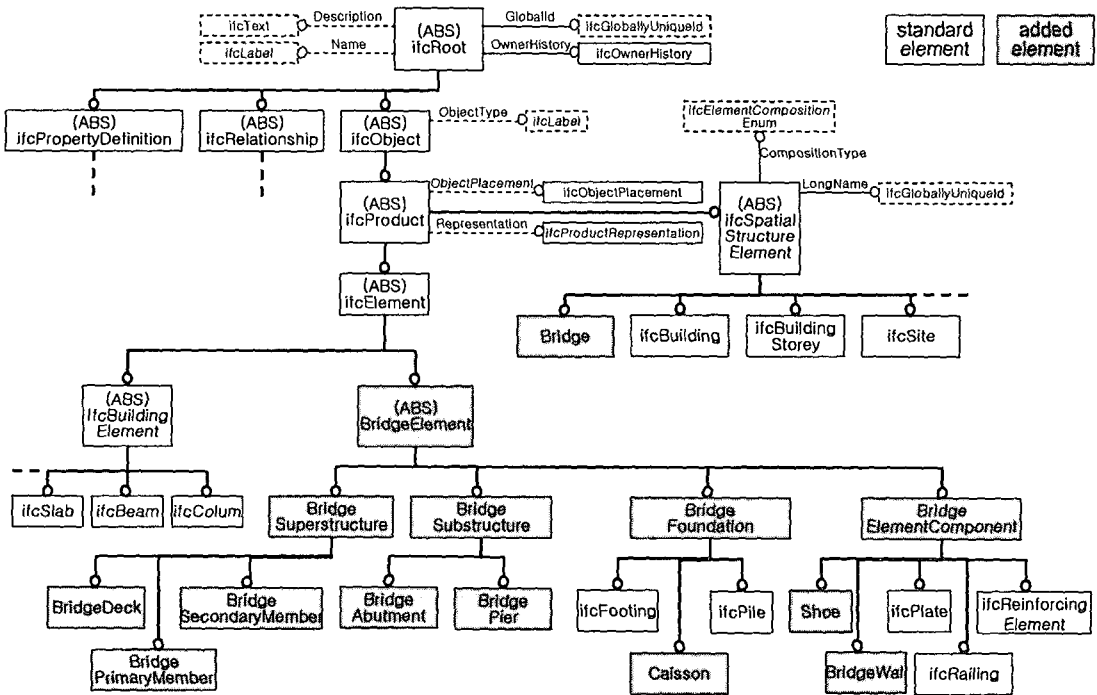


그림 2 IFC2x2를 기반으로 확장한 교량구조물의 제품정보모델

3. 통합자원모델 기반 응용모듈 구현

제안한 문서모델을 기반으로 교량설계정보 웹 서비스를 위한 시범 응용모듈을 구현하였다. 본 연구에서 구현한 응용모듈은 데이터저장소, 웹 서버 및 클라이언트측 프로그램을 통하여 교량설계정보를 웹으로 서비스 할 수 있도록 구성하였다.

3.1 응용모듈의 구성

XML 형식의 문서파일은 파일 자체가 데이터베이스와 같이 활용될 수 있는 장점이 있으므로 각 교량별 설계문서를 통합하여 관리하기 용이하다. 그러나 구조해석정보와 같이 대용량의 정보가 설계문서에 포함되므로 이를 효율적으로 처리하기 위해서는 파일문서에 직접적인 접근방법을 택하는 것 보다는 데이터베이스를 활용하는 것이 보안성 및 접근성에서 유리할 수 있다. XML 데이터베이스는 그 특징에 따라 XML 가능 데이터베이스(XML enable database)와 XML 전용 데이터베이스(native XML database)로 구분할 수 있다⁽⁸⁾. 본 연구에서는 XML 문서에 적합한 Native XML 데이터베이스인 Berkeley DBXML을 통합 설계문서 저장 체계로 이용하였으며, 이에 따라 Berkely DB에 접근하기 위한 Java API를 웹 서버에 추가하였다. 이러한 구성에 따라서 데이터베이스의 통합 설계문서는 클라이언트측 브라우저의 이벤트 발생에 따라 웹 서버를 거쳐 XPath 질의어를 통해 접근이 가능하다. 또한 3차원 교량의 형상정보를 웹 브라우저에 가시화하기 위해 X3D viewer를 이용하였으며 이를 위해 변환모듈을 구현하였다.

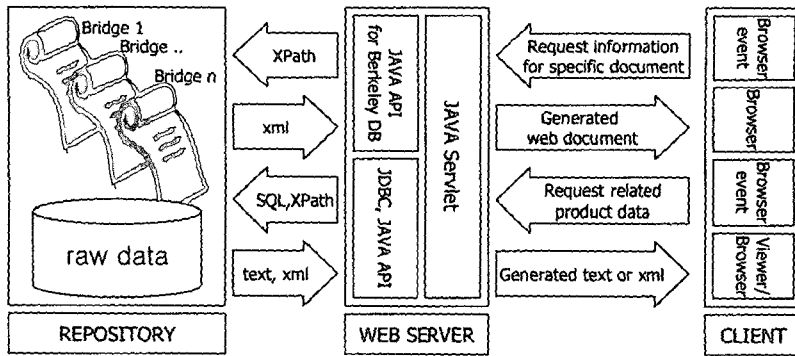


그림 3 XML기반 저장소를 이용한 주요 응용모듈의 구성체계

3.2 응용모듈의 적용 사례

그림 4는 본 논문에서 제시한 문서모델을 이용하여 개발한 교량 설계정보 웹 서비스체계로서 서울의 한강 상에 위치한 한강대교의 정보를 운영하는 예를 나타낸 것이다. 본 연구에서 제시한 문서모델에 따라 구축된 설계정보는 문서의 검색을 통하여 연결될 수 있으며, GIS를 기본으로 하는 기존의 시설물관리를 위한 시스템에서 해당 교량의 링크를 통하여 연결될 수도 있다. 일단 사용자가 원하는 교량이 연결되면 bdDocumentAbstract에 저장된 개요정보를 나타내며, 이후 문서모델에 따라 개발된 여러 응용모듈을 통하여 데이터베이스에 접근할 수 있다. 예로서 그림 4에 나타난 바와 같이 교량의 단면도와 같은 래스터(raster) 이미지 파일의 경우 외부참조 속성체계에 의하여 브라우저에 표현할 수 있으며, 3차원 형상정보를 웹 브라우저에서 바로 실행하여 교량의 제품정보를 확인할 수도 있다. 따라서 사용자는 정적인 문서환경에서 동적인 문서환경을 제공 받을 수 있으며, 본 응용모듈은 웹을 기반으로 구현되기 때문에 분산된 컴퓨팅환경에서도 인터넷을 통하여 동일한 양식의 정보를 활용할 수 있는 체계를 제공한다.

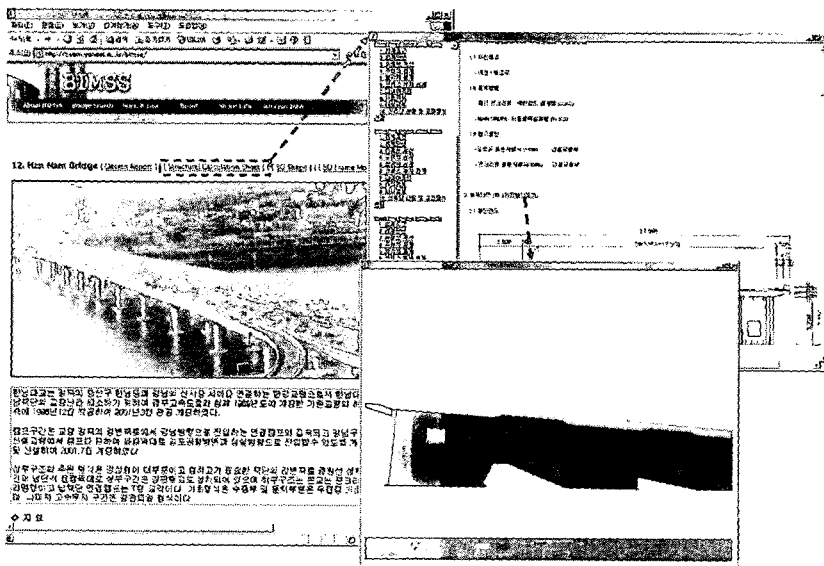


그림 4 XML기반 문서모델을 이용하여 개발한 응용모듈의 예

5. 결 론

본 논문에서는 교량구조물의 설계, 시공 및 유지관리 단계에서 빈번히 지식자원으로 활용하는 설계문서의 웹 서비스를 위한 문서모델을 제시하였다. 제시된 문서모델은 건설CALs/EC 전자문서 표준을 기반으로 유도되었으며, 제품정보모델인 IFC2x2모델을 확장한 교량정보모델과 연계함으로써 통합된 문서모델을 구축하였다. 제시한 문서모델은 XML Schema를 이용하여 구현하였으며, 이를 기반으로 교량설계정보를 웹 환경에서 서비스하기 위한 응용모듈을 시범적으로 개발함으로써 제시된 모델이 교량 설계정보를 다양하게 활용할 수 있는 응용모듈 개발에 잘 적용될 수 있음을 보였다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 실시한 2003년 건설핵심기술연구개발사업(교량설계핵심기술연구단)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 이상호, 정연석, “강교량 설계정보 표현을 위한 데이터모델 개발”, 한국전산구조공학회 논문집, 제17권 제2호, 2004, pp.105~117
2. N. Yabuki and T. Shitani, “An IFC-based Product Model for RC or PC Slab Bridges”, *The 20th CIB W78 Conference on Information Technology: Construction IT Bridging the Distance*, International Council for Building Research Studies and Documentation, 2003
3. E. Rebègue, *IFC-BRIDGE Data Model: version 1.0*, International Alliance for Interoperability, 2003
4. H.S. Kumar, C.S. Krishnamoorthy and N. Rajagopalan, “A Process Model for Knowledge-based Concrete Bridge Design”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 8, 1995, pp. 435-447
5. Popova, M., Peter, J. and Lindgren, H., “An Integrated Platform for Case-based Design”, *CIB W78 conference 2002: Distributing Knowledge In Building*, International Council for Building Research Studies and Documentation, 2002
6. 한국건설기술연구원, 건설CALs/EC 전자문서 표준 (건설CALs/EC 단체표준 공고 제2004-02호), 한국건설기술연구원, 2004
7. 한국건설기술연구원, 건설분야의 전자문서 체계화 방안 연구(II), 한국건설기술연구원, 2002
8. 정현철, IT Standard Weekly(2004-10호): XML Database 등향, 한국정보통신기술협회, 2004