

웹 서비스 기술을 활용한 국제 표준 기반의 플랜트 데이터 저장소의 구현

문두환^{1*} · 김병철²

¹한국해양연구원 해양시스템안전연구소 해양안전 · 방제기술연구부 / ²삼성중공업 산업기술연구소

Construction of an International Standard-Based Plant Data Repository Utilizing Web Services Technology

Duhwan Mun¹ · Byung Chul Kim²

¹Marine Safety and Pollution Response Research Department, Maritime and Ocean Engineering Research Institute, KORDI,

²Institute of Industrial Technology, Samsung Heavy Industries, Co., Ltd.

As the market becomes increasingly globalized and competition among companies increases in severity, various specialized organizations are participating across the process plant lifecycle, including the stages of design, construction, operation and maintenance, and dismantlement, in order to ensure efficiency and elevate competitiveness. In this regard, it is an important technical issue to develop services or information systems for sharing process plant data among participating organizations. ISO 15926 is an international standard for integration of lifecycle data for process plants including oil and gas facilities. ISO 15926 Part 7, a part of the ISO 15926 standard, specifies an implementation method called a façade that uses Web Services and ontology technologies for constructing plant data repositories and related services, with the aim of sharing lifecycle data of process plants. This paper discusses the ISO 15926-based prototype façade implemented for storing equipment data of nuclear power plants and servicing the data to interested organizations.

Keyword: façade, interoperability, ISO 15926, process plant data sharing, web services

1. 서론

시장의 글로벌화 및 이로 인한 기업 간의 치열한 경쟁으로 인해서 지리적으로 분산되고 서로 다른 문화와 언어를 가진 다양한 조직들이 플랜트의 생애주기 업무에 참여한다. 따라서 시간적으로는 설계에서 시작하여, 건설, 운영 및 유지보수, 폐기에 이르는 플랜트의 각 생애주기 단계들 사이에서, 공간적으로는 지리적으로 분산된 여러 조직들 사이에서 플랜트 데이터를 효과적으로 공유할 수 있는 방안의 마련이 중요하다.

플랜트 정보의 공유를 위해서 데이터는 책자와 같은 종이 문서, PDF(portable document format) 파일과 같은 디지털 문서 파일, 엔지니어링 시스템의 고유 파일(native file), 또는 시스템에 독립적인 중립 파일(neutral file) 형태로 교환이 된다(Fallon and Palmer, 2006). 이 중에서 데이터의 구조화가 가능하고, 교환 시 필요한 번역기의 수를 줄일 수 있는 장점을 가진 중립 파일이 일반적으로 활용된다. 그리고 중립 파일을 이용한 데이터 교환 방법은 플랜트의 수명주기가 응용 소프트웨어나 데이터 저장 기술의 수명주기와 비교하여 매우 장기이기 때문에 정보

이 논문은 한국해양연구원의 “기관목적사업”의 지원으로 수행된 연구 결과의 일부임을 밝힙니다.

*연락처 : 문두환 선임연구원, 305-343 대전광역시 유성구 장동 171, Fax : 042-866-3699, E-mail : dhmun@moeri.re.kr
투고일(2009년 07월 17일), 심사일(1차 : 2009년 10월 18일, 2차 : 2010년 03월 07일), 게재확정일(2010년 03월 26일).

통신 기술의 발전과 응용 소프트웨어의 급격한 변화에도 플랜트의 설계 및 생산 데이터를 보존하는데 유리하다.

전통적으로 산업 데이터 표준은 엔지니어링 시스템들 간의 데이터 교환을 위한 중립 포맷으로 사용됐다. 그러나 최근에는 이를 넘어 플랜트 생애주기 동안의 정보 공유를 위한 데이터 저장소(혹은 포털)로 활용하려는 시도가 이뤄지고 있다. 데이터 저장소의 구축을 위해서는 개념, 관계, 제약조건, 규칙, 그리고 함수의 정의를 통해 대상 도메인의 데이터를 명세하는 정보 모델 뿐만 아니라 데이터의 저장, 접근, 관리를 위한 정보 시스템의 구현 사양도 요구된다. 그리고 생애주기 데이터의 표현을 고려하면 정보 모델의 확장이 용이해야 한다.

플랜트 엔지니어링 데이터의 교환을 위해서 활용 가능한 중립 데이터 모델로는 PlantCALS, PlantEC, VIPNET 프로그램(VIPNET 2005)을 통해 일본 히타치에서 개발한 GPM(Generic Product Model)(Yoshinari *et al.*, 2003; Koizumi *et al.*, 2004)과 국제 산업 데이터 표준인 ISO 10303 STEP(ISO^a 2005; ISO^b 2005) 및 ISO 15926 프로세스 플랜트(ISO 2003; ISO^a 2007; ISO^b 2007)가 있다. 이 중에서 플랜트 분야의 대표적인 산업 데이터 표준이 ISO 15926 프로세스 플랜트이다. ISO 15926 프로세스 플랜트는 석유 및 가스 시설을 포함하는 프로세스 플랜트의 생애주기 동안의 데이터 관리를 위한 국제 표준이다(Leal, 2005). ISO 15926 프로세스 플랜트의 주요 구성 파트로는 파트 2 데이터 모델(data model), 파트 3 기하 및 위상, 파트 4 초기 참조 데이터(initial reference data), 파트 7 구현 방법(implementation method)이 있다.

ISO 15926 파트 2는 정보의 통합을 가능하게 하고, 안정적이면서 유연성 있는, 프로세스 플랜트 데이터 표현을 위한 개념 데이터 모델을 제공한다(ISO 2003). ISO 15926 파트 4는 오일 및 가스 설비를 포함한 프로세스 플랜트에 공통적인 클래스, 개체, 관계를 정의 한 초기 참조 데이터를 제공한다(ISO^a 2007). ISO 15926 파트 4의 초기 참조 데이터를 바탕으로 산업별 표준화 조직, 산업별 사실상 표준(de-facto standard)에 대한 참조 데이터가 정의되고, 마지막으로 개별 제조업체의 참조 데이터가 구축된다. ISO 15926 파트 7(ISO^b 2007)은 프로세스 플랜트 데이터의 교환 및 통합을 위한 구현 방법을 제공한다. ISO 15926 파트 7에서 제공하는 규격은 정보 모델 정의를 위한 템플릿(template) 및 객체 정보 모델(object information model, OIM)과 데이터 저장소 구현 사양으로 구분된다. ISO 15926 파트 7은 현재 개발 중인 파트로서 최근에 신규 파트 7, 8, 9, 10의 네 개의 파트로 분리되어 표준화가 추진되고 있다. 이 논문에서는 기존의 파트 7 문서를 기준으로 설명한다.

ISO 15926 표준은 함정의 생애주기 지원(Irgens *et al.*, 2004), 플랜트 기자재 데이터 라이브러리 구축(Tektonisk 2007) 등의 연구에 적용 되었다. 그리고 AVEVA, Bentley, 그리고 Intergraph 등의 플랜트 산업의 대표적인 엔지니어링 시스템 벤더들은 플랜트 데이터의 생애주기 관리를 위한 PLM(product lifecycle management) 시스템을 시장에 출시하고 있고 데이터의 상호운용성 확보를 위하여 참조 데이터 라이브러리 수준에서 ISO 15926

표준을 지원한다.

FIATECH과 POSC Caesar는 두 컨소시엄의 공동 프로젝트인 IDS-ADI 프로젝트를 통해서 ISO 15926 표준 구현 도구인 iRING(2009) 프로토타입의 개발을 완료하고 최근에 이것을 공개했다. Noumenon Consulting Limited Services 사는 참조 데이터 라이브러리 수준에서 ISO 15926 표준을 지원 플랜트 데이터 변환 도구인 XMpLant(XMpLant 2003)를 개발하였다. 이 도구는 여러 플랜트 프로젝트에 실제로 적용되었다. 플랜트의 논리적 구성 정보 표현을 위해서 XMpLant는 ISO 15926 파트 2 데이터 모델을 사용하지 않고 별도의 데이터 모델을 정의하였다. 그리고 형상 정보 표현을 위해서 ISO 10303 STEP 파트 42를 참조하였다. POSC Caesar는 ISO 15926 기반의 참조 데이터를 제공하는 서비스인 RDS(RDS 2010)를 구축하여 운용 중에 있다. XMpLant나 iRING은 참조 데이터 라이브러리로 POSC Caesar의 RDS를 사용한다.

국내의 연구를 살펴보면, 원자력 발전 분야에서 윤진현 등(Yun *et al.*, 2007)이 일본 히타치의 GPM 대신에 ISO 15926 파트 2와 파트 4를 활용하여 원자로 냉각 계통을 구성하는 45개의 기자재에 대해서 분류체계를 개발하였다. 하지만 ISO 15926 파트 2와 파트 4를 활용하여 원자력 발전소 데이터 공유를 위한 응용 도구를 구현하는 것이 쉽지 않아 문두환 등(Mun *et al.*, 2009)은 ISO 15926 파트 7의 템플릿을 이용하여 원자력 발전소의 기자재 사양에 대한 객체 정보 모델을 정의하는 방법을 연구하였다.

이 논문에서는 원자력 발전소 기자재 사양 데이터의 공유를 위해서 ISO 15926 파트 7에 명세된 구현 방법에 따라 데이터 저장소(파트 7에서는 이 저장소를 facade라 부름)를 구축한 결과에 대해서 논의한다. 기자재 데이터 저장소 구축을 위한 정보 모델로는 이전 연구에서 정의한 기자재 사양에 대한 객체 정보 모델을 활용하였다.

2. 시맨틱 웹과 웹 서비스 기반의 산업 데이터 표준 개발

지금까지 STEP 등의 산업 데이터 표준에서 EXPRESS 언어를 사용하여 정보 모델이 개발되었다. 최근에는 산업 데이터 표준에 시맨틱 웹(Semantic Web)과 웹 서비스 기술(Web Services)을 도입하려는 시도가 이뤄지고 있다. 예를 들어 ISO 15926의 파트 7은 정보 모델링을 위해 웹 온톨로지 언어인 OWL(Web Ontology Language)을 사용하고 웹 서비스 기술을 바탕으로 데이터 저장소의 데이터 교환 인터페이스를 구현하도록 규정되어 있다. 또한 산업 데이터 표준의 개발을 권장하는 국제 조직인 ISO TC184/SC4에서는, <Figure 1>과 같이, 시맨틱 웹과 웹 서비스 기술을 도입하여 새로운 STEP 아키텍처를 정의하는 활동이 시작되었다. 이와 같은 추세는 비단 산업 데이터 표준에만 국한 되는 것이 아니라 다른 분야의 표준에도 공통적으로

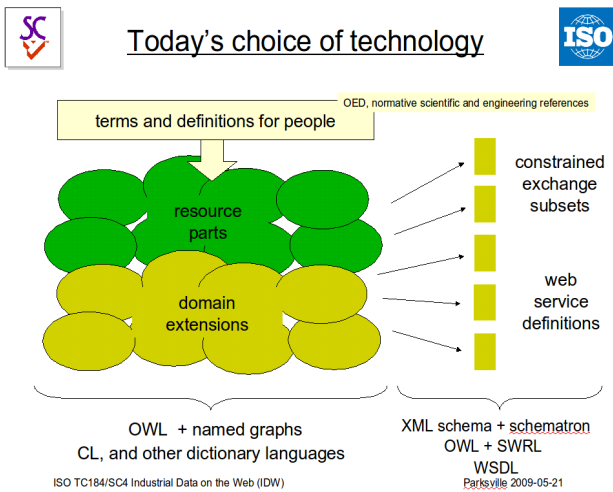


Figure 1. Future SC4 architecture (Leal et al., 2009)

나타내고 있다. 이 장에서는 시맨틱 웹과 웹 서비스 기술에 대해 간략히 소개한다.

2.1 시맨틱 웹

OWL은 W3C의 시맨틱 웹 관련 권고안들 중 하나인 웹 온톨로지 언어로서, 사람에게 정보를 보여주는 데 그치지 않고 정보의 의미를 직접 처리할 수 있는 어플리케이션을 구현하는데 활용될 수 있도록 설계된 언어이다(W3C 2004^a). OWL은 표현력이 서로 다른 세 개의 하위 언어 - OWL Lite, OWL DL, OWL Full - 로 구성되어 있으며 후자로 갈수록 표현력이 더 크다.

RDF(Resource Description Framework)는 웹 상의 자원(resource)의 정보를 표현하기 위한 프레임워크이다(W3C 2004^b). RDF에서 데이터는 트리플(triple)의 집합으로 표현되며, 트리플은 주부(subject), 술부(predicate), 목적어(object)로 구성된다. 주부는 기술할 자원을, 술부는 속성의 유형을, 목적어는 속성 값을 표현한다. RDF에서 자원은 형태에 상관없이 URI(Uniform Resource Identification)를 이용하여 식별 가능한 모든 객체를 의미한다.

SPARQL(SPARQL Protocol and RDF Query Language)은 시맨틱 웹을 위한 쿼리 언어 및 데이터 접근 프로토콜로서, 상세 사양은 RDF Data Access Working Group에서 개발하고 있다(W3C 2008). SPARQL은 기본적으로 3개의 부분으로 구성되어 있다. SELECT 절은 대상 RDF에서 검색 결과로 보고자 하는 부분을 기술한다. FROM 절에서는 검색 대상 RDF를 열거한다. WHERE 절에서는 조건에 해당하는 부분을 기술한다. SPARQL이 주목을 받고 있는 이유는 데이터베이스와 마찬가지로 시맨틱 웹도 일반인이 쉽게 원하는 질의를 하여 결과를 받을 필요가 있기 때문이다.

2.2 웹 서비스

웹 서비스는 XML(Extensible Markup Language)과 인터넷에 기반을 둔 분산 컴포넌트 기술이다. 웹 서비스는 다양한 표준 기

술들로 구성되지만, WSDL(Web Services Description Language) (W3C 2002), SOAP(Simple Object Access Protocol) (W3C 2007^b), UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) (OASIS 2003)가 기반 기술이다. 그리고 이 기술들은 모두 XML로 기술된다.

WSDL은 웹 서비스의 인터페이스를 기술하는 언어이다. WSDL은 주로 웹 서비스와 상호작용하기 위하여 필요한 데이터 타입, 메시지(message), 프로토콜 바인딩(protocol binding), 인터페이스에 대한 내용을 다룬다. 웹 서비스 요청자는 그 웹 서비스가 어떤 기능을 제공하는지 알기 위하여 웹 서비스의 WSDL을 필요로 한다. WSDL은 CORBA나 COM에서 인터페이스를 기술하기 위하여 사용하는 IDL(Interface Description Language) 또는 MIDL(Microsoft IDL)과 동일한 역할을 한다. SOAP는 컴퓨터 네트워크 상에서 웹 서비스의 메시지를 교환하기 위한 프로토콜을 정의한다. SOAP는 웹 서비스의 입출력 내용을 포함하고 있는 XML 문서를 주고 받는 것을 가능하게 한다. UDDI는 서비스 제공자와 서비스 요청자를 연결해 주는 서비스 레지스트리 역할을 한다.

3. ISO 15926 기반의 데이터 저장소 - façade

3.1 데이터 저장소 façade의 개요

ISO 15926 파트 7에서는 대량의 프로세스 플랜트 데이터를 다른 이해관계자들과 공유하기 위해서 façade라 불리는 데이터 저장소를 구축하도록 규정하고 있다. 데이터 저장소 façade는 논리적으로 populations, data, sentmsg, recdmsg, handover, feed-backs의 6개의 섹션으로 구성된다.

플랜트 생애주기 동안의 업무에 참여하는 각 조직들은, <Figure 2>와 같이, 내부 정보 시스템으로부터 데이터를 추출하여 각자의 façade에 저장한다. 참여 조직들의 façade 간에는, 상황에 따라, 데이터가 교환되거나 이양(hand-over)된다.

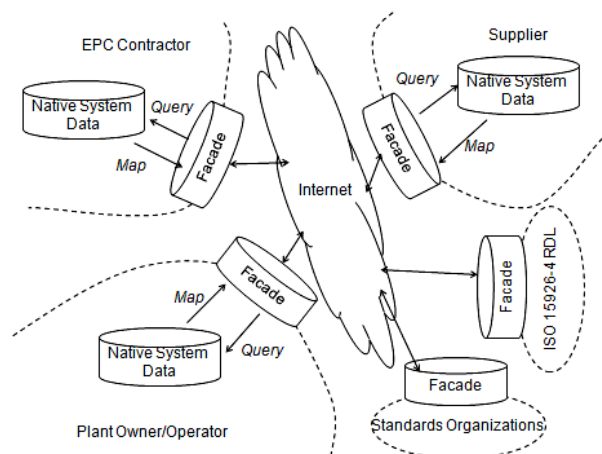


Figure 2. Façade의 역할

데이터 저장소 facade들 간의 데이터 인터페이스는 웹 서비스 기술을 바탕으로 구현된다. 이를 위해 ISO 15926 파트 7에서는 facade의 플랜트 데이터의 처리를 위한 SOAP 기반의 API (WSDL)에 대한 명세를 제공하며, 개발자는 이를 바탕으로 facade를 위한 웹 서비스를 구현해야 한다. 그리고 ISO 15926 파트 7에 따르면 facade 구현 시 UDDI를 사용하지 않는다.

3.2 플랜트 데이터의 인코딩 구조

ISO 15926 파트 7은 데이터 저장소 facade에 OWL로 명세된 플랜트 데이터를 저장하고 그 형식은 쿼드(quad) 구조를 갖도록 하고 있다. 쿼드는 RDF의 표현 구조인 트리플에 문맥(context) 정보의 표현을 위한 네 번째 필드를 추가한 것이다. RDF 사양은 문맥의 개념을 정의하고 있지 않지만, 응용 프로그램은 RDF 데이터에 대한 여러 가지 종류의 메타 데이터를 저장해야 할 필요가 있다(Guha *et al.*, 2004). 문맥 정보의 종류는 응용 프로그램에 따라 다르다. 예를 들어 정보 통합의 경우에, RDF 데이터가 생성된 파일이나 저장소의 URI(Uniform Resource Identification)가 문맥 정보로 표현된다(Harth and Decker, 2005). 문맥 c가 부여된 트리플(s, p, o)이 쿼드(s, p, o, c)가 된다.

쿼드를 사용하면 데이터 저장소 facade에 부여된 URI 하나로 facade를 구성하는 6개의 색선들을 구분할 수 있다. 쿼드 데이터 구조에서 네 번째 필드에 색선의 식별 정보를 저장하기 때문이다. 그러나 이와 같은 방식은 범용적인 트리플 저장소(triple store) 및 응용 도구들을 사용할 수 없는 단점을 가지고 있다. 그래서 본 연구에서는 쿼드를 사용하지 않고 트리플을 사용하기 위해서 facade의 각 색선에 별도의 URI를 부여하는 방식을 사용하였다. 이 방식은 ISO 15926 파트 7의 개정 방향과도 일치한다.

3.3 관계형 데이터베이스에 플랜트 데이터의 저장

프로세스 플랜트의 개발 과정에서 데이터의 양은 기가바이트에서 시작하여 테라바이트 수준에 이르게 된다. 따라서 데이터의 관리를 위해서 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)을 사용하고 있고 그 종류로는 관계형 데이터베이스(relational database, RDB)가 일반적이다. 따라서 OWL로 명세된 플랜트 데이터를 RDB에 저장하기 위한 방안이 필요하다.

OWL은 RDF로 인코딩이 되므로, 플랜트 데이터를 RDB에 저

장하기 위해서는 먼저 RDF 형식의 데이터를 RDB에 어떻게 저장할지 결정해야 한다. RDF 데이터를 RDB 데이터로 매핑하는 기존의 방법은 크게 자동 매핑(automatic mapping) 방법과 도메인 의미 기반 매핑(domain semantics-driven mapping) 방법으로 구분된다(W3C 2009).

이 연구에서는 OWL 데이터를 RDB에 저장하기 위해서 Jena RDB 브리지(Jena, 2008)를 사용하였다. Jena RDB 브리지는 Jena에서 제공하는 API 패키지 중 com.hp.hpl.jena.db 패키지를 말한다. Jena RDB 브리지는 자동 매핑 방법을 사용한다. Jena RDB 브리지는 색선의 URI별로 하나의 데이터베이스 테이블을 생성한다. 그리고 테이블의 각 행에 RDF 트리플이 하나씩 기록되는데 RDF의 주어, 술부, 목적어가 각 열에 순차적으로 저장된다.

3.4 ISO 15926 기반의 데이터 저장소 facade의 장점

ISO 10303 STEP이나 ISO 13584 PLIB(Part Library)기반의 데이터 저장소와 비교하여, 시맨틱 웹과 웹 서비스 기술을 활용하여 ISO 15926 표준 기반의 데이터 저장소를 구축하여 얻을 수 있는 장점이 <Table 1>에 요약되어 있다.

ISO 15926 표준의 파트 2와 파트 4를 사용하여 정의된 객체 정보 모델을 이용하여 플랜트 데이터를 명세하기 때문에 플랜트 데이터의 상호운용성을 확보할 수 있다. 또한 ISO 15926 파트 4에서 제공하는 초기 참조 데이터를 바탕으로 필요에 따라 참조 데이터를 확장할 수 있기 때문에 정보 모델의 확장 측면에도 장점이 있다.

온톨로지 언어인 OWL은 기존의 정보 모델링 언어인 EXPRESS에 비해서 어휘가 풍부하기 때문에 개발자의 의도를 명확하게 반영한 정보 모델링이 가능하다. 또한 EXPRESS 기반 모델과 달리 OWL은 서로 다른 물리적 위치에 데이터를 분산하여 저장해도 URI를 이용하여 연결 관계를 명세할 수 있기 때문에 분산된 데이터의 상호 참조가 가능하다.

데이터 저장소 facade의 인터페이스가 웹 서비스 기술을 기반으로 구현되었기 때문에, 다른 조직과 협업을 위해 데이터를 공유해야 할 때, 타 시스템과의 상호의존성을 낮출 수 있는 느슨한 형태의 결합이 가능하다. 느슨한 결합이란 데이터 송신 조직과 수신 조직 사이에서 최소한의 의존 관계를 갖도록 인터페이스를 개발하여, 한 응용 시스템이나 모듈의 변경이 다른 응용 시스템이나 모듈의 변경을 유발할 수 있는 위험을

Table 1. 다른 표준들과 비교한 ISO 15926 기반의 데이터 저장소의 장점

	ISO 15926 Process Plants	ISO 13584 PLIB	ISO 10303 STEP
참조 데이터 라이브러리	제공	제공 안 함	부분 제공(AP239 PLCS)
정보 모델링 언어	OWL	EXPRESS	EXPRESS
물리적 분산된 데이터 간의 연관 관계 명세	가능	불가능	불가능
웹 서비스 기술	적용	적용 안 함	적용 안 함

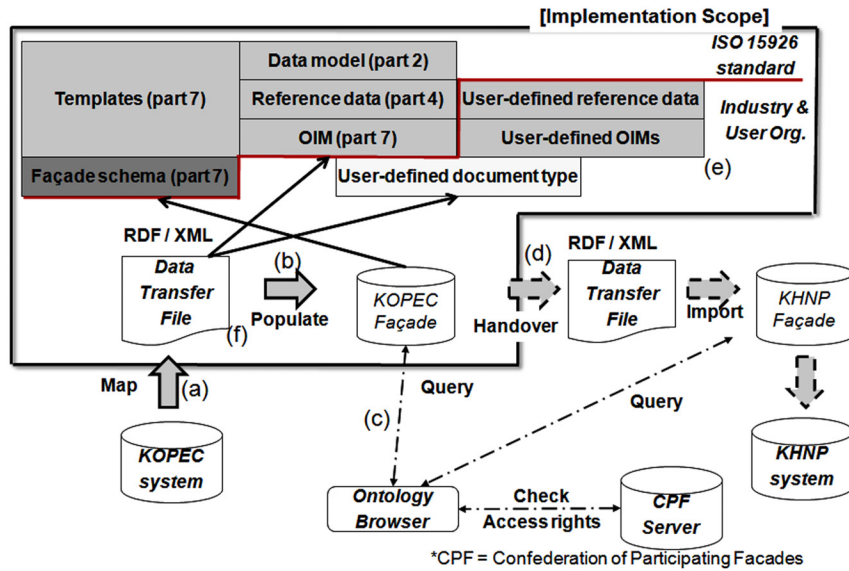


Figure 3. 원자력 발전소 기자재 데이터의 공유 시나리오

줄이는 방법을 말한다. 제품 개발 협업에서 느슨한 결합은 내부 시스템에 대한 접근 차단, 인터페이스의 표준화, 인터페이스의 재활용 측면에서 장점을 가진다.

4. 구현 사례 : 원자력 플랜트의 기자재 사양 데이터 저장소

제 3장에서 설명한 방법에 따라 원자력 발전소의 기자재 사양 데이터의 저장 및 공유를 위한 façade의 프로토타입을 구현하였다.

4.1 데이터 교환 시나리오

이 연구에서 가정한 데이터 교환 시나리오는 <Figure 3>과 같다. 한국전력기술(Korea Power Engineering Company Inc., KOPEC)의 내부 엔지니어링 시스템에 저장된 기자재 사양 정보를 추출하여 데이터 교환 파일(data transfer file)로 변환한다(<Figure 3(a)>). 그리고 변환된 데이터 교환 파일의 기자재 사양 정보를 한국전력기술의 façade에 업로딩한다(<Figure 3(b)>). 한국수력원자력(Korea Hydro & Nuclear Power Co., KHNP)은, 기자재 사양 정보가 필요할 경우, 가시화 브라우저를 통해 한국전력기술의 façade에 저장된 데이터를 검색하거나(<Figure 3(c)>), 한국수력원자력의 façade로 데이터를 이양시킨다(<Figure 3(d)>).

기자재 사양 명세를 위한 정보 모델(<Figure 3(e)>)과 정보 모델에 따라 명세된 기자재 사양 데이터(<Figure 3(f)>)는 이전 연구(Mun *et al.*, 2009)의 결과물을 활용하였다.

기자재 사양 명세를 위한 정보 모델은 ISO 15926 파트 7이 제공하는 자원인 템플릿과 객체 정보 모델을 이용하여 정의된다.

List 1. 원자로 냉각재 펌프의 사양 데이터의 일부본

```

:
<part2 : MultidimensionalObject rdf:ID="ST-99990">
<rdf: type rdf: resource="http://icad.kaist.ac.kr/~mun/RCS_OIM/
data#
ST-WATER_SEALED_RCP-3401-012"/>
<rdfs: label xml: lang="en">
Reactor Coolant Pump 1-431-M-PP01A has a maximum allo-
wable
heating/cooling rate of 55.6 degC/hr
</rdfs: label>
<part7 : temporalWhole rdf: resource=
"http://icad.kaist.ac.kr/~mun/RCS#FPO-23380"/>
<part7 : possessor rdf: resource=
"#FPO-23380-20080427T150934Z"/>
<part7 : context rdf: resource="http://icad.kaist.ac.kr/~mun/
RCS_RDL/data#COTWP-438823"/>
<part7 : beginning rdf: resource=
"#XSDT_20080427T150934Z"/>
<part7 : propertyType rdf: resource=
"http://rdl.rdlfacade.org/data#RDL-658908"/>
<part7 : numericalValue rdf: resource="#XSFL_55.6"/>
<part7 : unitOfMeasure rdf: resource=
"http://rdl.rdlfacade.org/data#RDL-1322781"/>
</part2 : MultidimensionalObject >
:
<part2 : ClassOfInformationRepresentation rdf:ID="XSFL_55.6">
<rdf: type rdf: resource=
"http://rdl.rdlfacade.org/data#XmlSchemaFloat"/>
<part2 : content rdf: datatype=
"http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">
55.6
</part2 : content >
</part2 : ClassOfInformationRepresentation >
:

```

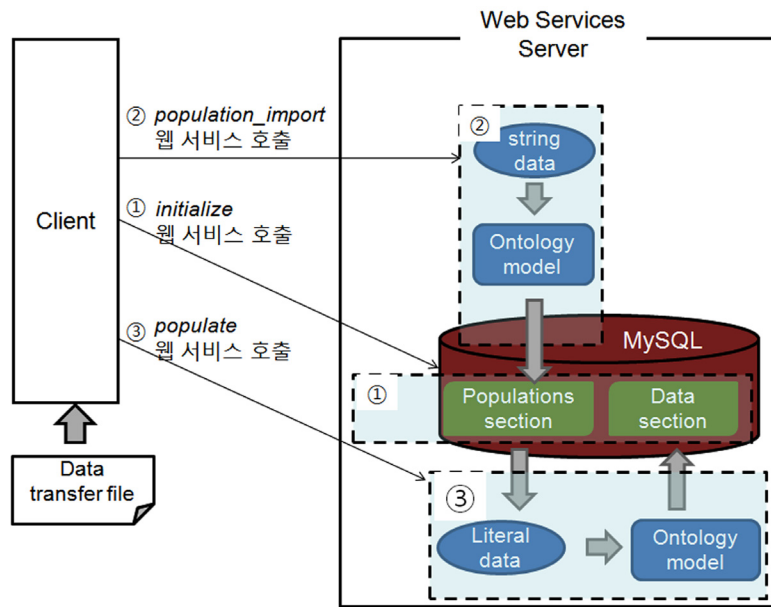


Figure 4. Façade의 웹 서비스를 이용한 데이터 업로딩(<Figure 3(b)>)

ISO 15926 파트 7의 템플릿은 객체 및 객체들 사이의 관계에 대한 일반적인 패턴(표준 구조)을 정의한 것이다. 객체 정보 모델은 특정 객체에 대해서 공통적으로 적용되는 정보의 종류를 나타내기 위해서 ISO 15926 RDL(reference data library)을 참조하고 파트 7의 템플릿을 상속받아 전문화 한 것이다. ISO 15926 RDL은 프로세스 플랜트 분야에 공통적인 클래스(class), 개체(individual), 관계(relation)들의 집합을 제공하는 라이브러리로 RDL의 최상단에 ISO 15926 파트 4에서 제공하는 초기 참조 데이터가 위치한다.

<List 1>은 원자로 냉각재 펌프의 객체 정보 모델을 참조하여 펌프의 사양을 명세한 데이터의 일부이다.

4.2 데이터 저장소 façade의 구현

데이터 저장소 façade의 구현 환경을 설명하면 다음과 같다. RDF 및 OWL 데이터 처리를 위한 툴킷으로 Jena를 사용하였다. 그리고 플랜트 데이터는 RDB인 MySQL에 저장하였다. OWL로 표현된 플랜트 데이터를 RDB에 저장하기 위해서 Jena의 구성 모듈 중 하나인 Jena RDB 브리지를 사용하였다. 데이터 저장소 façade에 대한 웹 서비스 구현을 위해서 웹 서버로는 Apache Tomcat를 사용하였고, 웹 서비스 엔진으로 Apache Axis2를 사용하였다.

이 연구에서는 데이터 교환 파일을 데이터 저장소 façade로 업로드 하기 위해서 ISO 15926 파트 7의 WSDL에 명세된 웹 서비스 중에서, <Figure 4>와 같이, initialize, population_import, populate를 구현하였다.

구현된 세 개의 웹 서비스의 역할에 대해서 설명을 하면 다음과 같다.

웹 서비스 initialize는 façade를 구성하는 섹션들을 초기화한다(<Figure 4의 ①>). 다른 façade의 데이터 또는 중립 파일의 데이터를 façade로 업로드 할 때 모든 데이터는 먼저 façade의 populations 섹션에 저장된다. 이를 위해 population_import 웹 서비스를 사용한다(<Figure 4의 ②>). Populations 섹션에 저장된 데이터를 data 섹션으로 옮기기 전에 데이터의 무결성 및 중복성 테스트를 수행한다. 만약 오류가 있는 데이터가 발견될 경우 전체 데이터 업로드 트랜잭션(transaction)은 롤백(rollback)이 된다. 중복 데이터가 있을 경우 그 데이터는 폐기된다. 테스트를 통과한 데이터는 populate 웹 서비스를 통해 populations 섹션에서 data 섹션으로 이동된다(<Figure 4의 ③>).

```
[SPARQL query listing]
PREFIX : <http://facade.partdb.com/data#>
PREFIX rdf : <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs : <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX part2 : <http://dm.rdlfacade.org/data#>
PREFIX part4 : <http://rdl.rdlfacade.org/data#>
PREFIX part7 : <http://tpl.rdlfacade.org/data#>

SELECT ?equipmentNo ?property ?propertyValue ?UOM
WHERE {
  ?MDO rdf: type part2: MultidimensionalObject.
  ?MDO part7: possessor ?equipmentNo.
  ?MDO part7: propertyType ?propertyType.
  ?MDO part7: numericalValue ?numericalValue.
  ?MDO part7: unitOfMeasure ?unitOfMeasure.
  ?numericalValue part2: content ?propertyValue
}

GRAPH <http://rdl.rdlfacade.org/data#>{
  ?propertyType rdfs: label ?property.
  ?unitOfMeasure rdfs: label ?UOM. }
}
```

Figure 5. SPARQL 질의문

equipmentNo	property	propertyValue	UOM
<http://facade.partdb.com/data#FPO-23380-20080427T150934Z>	"MAXIMUM ALLOWABLE HEATING/COOLING RATE"@en	"55.6" ^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"DEGREE CELSIUS/HOUR"@en

Figure 6. 기자재 사양 데이터 검색 결과

4.3 데이터 저장소의 활용

ISO 15926 표준에 따라 구축된 데이터 저장소로부터 특정 기자재의 사양 데이터를 검색할 때 데이터 저장소의 URI와 기자재의 URI를 이용한다. 데이터의 검색은 웹 서비스 이용하는 방법과 SPARQL 질의문을 이용하는 방법이 있다.

첫 번째 방법에서는 데이터 검색용 웹 서비스의 WSDL을 정의한 후 이를 Jena와 같은 온톨로지 API를 이용하여 구현한다. 데이터 저장소가 RDB를 기반으로 구축될 경우 웹 서비스의 구현 시 Jena RDB 브리지를 사용한다. 두 번째 방법에서는 클라이언트가 질의 서버로 SPARQL 질의문을 전송한다. 질의문을 수신한 질의 서버는 미리 설정된 데이터베이스에 대해서 질의를 수행한 후 그 결과를 클라이언트에게 회신한다.

이 연구에서는, 두 가지 방법 중, SPARQL 질의문을 이용하는 검색 방법을 적용하였다. 질의 서버로 Joseki를 사용하였고 클라이언트가 SPARQL 질의문을 Joseki에 보낸 후 그 결과를 받기 위해 Jena ARQ(Jena 2008)를 사용하였다. <Figure 5>는 데이터 저장소에 구축된 모든 기자재들의 사양 데이터를 검색하는 SPARQL 질의문이다. <Figure 6>은 데이터 저장소 facade의 data 섹션에 저장된 기자재 데이터를 검색한 결과이다.

5. 결론

시장의 글로벌화 및 이로 인한 기업 간의 치열한 경쟁으로 인해 플랜트의 생애주기 업무 수행을 위해서 다양한 조직들이 참여하게 되었다. 이에 따라 설계에서 시작하여, 건설, 운영 및 유지보수, 폐기에 이르는 플랜트의 각 생애주기 단계들 사이에서, 지리적으로 분산된 여러 조직들 사이에서 플랜트 데이터를 효과적으로 공유하는 방안 마련이 중요하다.

이를 위해 이 논문에서 웹 서비스 기술을 사용한 ISO 15926 표준 기반의 플랜트 데이터 저장소인 facade를 구현하는 방법에 대해서 논의하였다. 그리고 원자력 플랜트의 기자재 사양 데이터 저장소를 구현한 사례에 대해서 설명하였다. 구현 과정에서 ISO 15926의 파트 7의 facade 구현 사양 중 일부를 변경하여 적용하였다.

이 연구에서 구현 한 플랜트 데이터 저장소는 국제 표준에 바탕을 둔 것이기 때문에 플랜트 데이터의 장기 보관 및 상호 운용성 확보 측면에서 유리하다. 그리고 OWL 언어로 정보 모델을 정의한 후 플랜트 데이터를 명세하였기 때문에 분산 데이터 저장에 가능하다. 또한 웹 서비스를 기술을 활용한 인터페이스의 구현으로 수평적이고 유연한 기업간 협업 시 요구되

는 느슨한 형태의 엔지니어링 시스템의 통합 및 데이터 공유가 가능하다.

참고문헌

- Fallon, K. K. and Palmer, M. E. (2006), *Capital Facilities Information Handover Guide. Part 1*, NISTIR 7259, NIST, <http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/build05/art037.html>.
- Guha, R. V., McCool, R., and Fikes, R. (2004), Contexts for the Semantic Web, *In the Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference*.
- Harth, A. and Decker, S. (2005), Optimized Index Structures for Querying RDF from the Web, *In the Proceedings of the 3rd Latin American Web Congress*.
- Irgens, T. A., Hansen, T., and Haenisch, J. (2004), PLCS Pilot for New Norwegian Frigates, *PDT Europe 2004*.
- iRING (2009), <http://iringug.org/>.
- ISO (2003), *Industrial Automation Systems and Integration-Integration of Lifecycle Data for Process Plants Including Oil and Gas Production Facilities-Part 2 : Data Model*, ISO : 2003 15926-2.
- ISO (2005^a), *Industrial automation systems and integration-Product data representation and exchange-part 221 : Application Protocol : Functional data and their schematic representation for process plant*, ISO/DIS 10303-221.
- ISO (2005^b), *Industrial automation systems and integration-Product data representation and exchange-part 227 : Application Protocol : Plant spatial configuration*, ISO : 2005 10303-227.
- ISO (2007^a), *Industrial Automation Systems and Integration-Integration of Lifecycle Data for Process Plants Including Oil and Gas Production Facilities-Part 4 : Initial Reference Data*, ISO/TS 15926-4.
- ISO (2007^b), *Industrial Automation Systems and Integration-Integration of Lifecycle Data for Process Plants Including oil and Gas Production Facilities-Part 7 : Implementation Methods for the Integration of Distributed Systems*, Ballot Document of ISO/CD TS 15926-7, ISO/TC 184/SC4/WG3 N2382.
- Jena (2008), Jena Online Documentation, <http://jena.sourceforge.net/documentation.html>.
- Koizumi, Y., Seki, H., and Yoon T. (2004), Data Integration Framework Based On a Generic Product Model, *Proceedings of the TMCE 2004*.
- Leal, D. (2005), ISO 15926 Life Cycle Data for Process Plant : An Overview, *Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFP*, 60(4), 629-637.
- Leal, D., Price, D., Feeney, A. D., and Bock, C. (2009), *Future SC 4 Architecture PWI Overview and Plan*, circulated at ISO TC184 SC4 Meetings on May 2009.
- Mun, D., Kim, B. C., and Han, S. (2009), Representation of process plant equipment using ontology and ISO 15926, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 14(1), 1-9.
- OASIS (2003), *Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) Version 2*, <http://www.oasis-open.org/specs/index.php#uddiv3.0.2>.
- RDS (2010), <https://www.posccaesar.org/wiki/Rds>.
- Tektonisk ShareCAT (2007), <http://www.sharecat.com>.
- VIPNET (2005), <http://www.openknow.com/vipnet/>.
- W3C (2002), Web Services Description Working Group, <http://www.w3.org/2002/ws/desc/>.

W3C (2004^a), *OWL Web Ontology Language Guide*, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>.

W3C (2004^b), *Resource Description Framework(RDF) : Concepts and Abstract Syntax*, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>.

W3C (2007^a), *Web Services Description Language(WSDL) version 2.0 Part 1 : Core Language*, <http://www.w3.org/TR/wsdl20/>.

W3C (2007^b), *Simple Object Access Protocol(SOAP) Version 1.2 Part 1 : Messaging Framework*, <http://www.w3.org/TR/soap12-part1>.

W3C (2008), *SPARQL Query Language for RDF*, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.

W3C (2009), *A Survey of Current Approaches for Mapping of Relational Databases to RDF*, http://www.w3.org/2005/Incubator/rdb2rdf/RDB2RDF_Survey_Report.pdf.

XMP Lant (2003), <http://www.noumenon.co.uk/>.

Yoshinari, Y., Yoshinaga, T., Shibao K., Igoshi, M., and Kimura, F. (2003), *Virtual Production Enterprise Network(MATRIX/VIPNET)*, IMS 0231 Summary Report, IMS Promotion Center.

Yun, J., Mun, D., Han, S., and Cho, K. (2007), Development of the ISO 15926-based Classification Structure for Nuclear Plant Equipment, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 12(3), 191-199.



문두환

고려대학교 기계공학과 학사
한국과학기술원 기계공학과 석사
한국과학기술원 기계공학과 박사
현재 : 한국해양연구원 선임연구원
관심분야 : Feature-based modeling, Engineering data exchange, Product lifecycle management, Industrial data standards, Knowledge-based engineering, VR for engineering applications



김병철

고려대학교 기계공학과 학사
한국과학기술원 기계공학과 석사
한국과학기술원 기계공학과 박사
한국기술교육대학교 기계정보공학부
대우교수
한국기술교육대학교 기계정보공학부
겸임교수
(주)부품디비 책임연구원
현재 : 삼성중공업 산업기술연구소 메카트로
닉스센터 책임연구원
관심분야 : Feature-based and parametric design,
CAD data exchange, path generation