

원전 정보관리시스템에 ISO 10303 적용 타당성 연구

이의중*, 변수진*, 송덕용**

*한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, **(주)에네시스

A Case Study on the Applicability of ISO 10303 to the Information Management System for Nuclear Power Plant

Lee Eui-Jong, Byon Su-jin, Song Duk-yong

NETEC, Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd, ENESYS

E-mail : ejlee@khnp.co.kr, sujin@khnp.co.kr, dysong@enesys.co.kr

요 약

원자력발전 산업은 국내 최대의 전력공급원으로서 '09년 현재 20기의 원전이 가동 중에 있고 8기의 원전이 건설 중이다. 또한 수출주도형 독자노형 개발을 목적으로 한 원전 설계 개발 사업도 진행되고 있다. 국가 기반산업이기도 한 원자력 산업에는 다양한 정보관리시스템들이 운영되고 있으며 지속적인 개선이 이루어지고 있다. 원자력발전소는 60년에 이르는 긴 수명주기를 가지고 있기 때문에 설계 단계에서부터 생산되는 정보를 관리할 수 있는 체계적인 방법이 필요하며, 산업 특성상 다양한 참여기관들이 상호 협업을 진행할 수 있는 통합 창구 역할의 시스템이 요구되고 있다.

본 연구에서는 원자력발전소의 정보관리시스템 개발을 위해 신규원전 사업자에게 요구되는 EPRI URD 요건 및 실제 원전 설계개발 사업에서의 시스템 요구사항 등을 분석하여, 원자력발전소의 원전 정보관리시스템 개발요건을 도출하였으며 ISO 10303 국제표준 기술을 활용한 일부 시스템 프로토타입 구현을 통한 예비 타당성 평가를 수행하였다. 본 연구를 통해 국내 원전 산업에 국제표준 도입 가능성은 확인하였으나, 국제표준 개발이 아직 진행 중인 점을 고려할 때 실제 원전 적용을 위해서는 향후 추가 연구가 필요하다.

Key Word : EPRI URD, PIN Model, Data warehouse, ISO 10303 AP239, ISO 15926

1. 서론

원자력발전소의 설계, 건설, 상용운전, 폐로 단계에 이르는 전 수명주기 동안에는 수많은 데이터가 생산된다. 또한 각각의 데이터는 필요에 따라 재활용되고 관련 여러 정보들과 상호 연계를 맺게 된다. 따라서 각 단계별로 생산되는 데이터의 일관성 있는 관리는 원자력발전소의 건전성 및 경쟁력을 확보하는 기반이라고 할 수 있다.

국내 원자력발전 산업은 설계사와 운영사가 다른

사업구조를 가지고 있기 때문에 설계사에서는 설계 시스템을 독자 개발하여 운영하고 있고, 운영사에서는 건설 및 운전 시스템을 운영하고 있다. 따라서 각각의 시스템의 발전에도 불구하고 설계정보가 운영사로 이양 될 때의 교환 방법 및 상호 연계성 문제가 제기되고 있다. 더욱이 설계개발 단계에서 참여사 모두가 공동으로 사용하고 설계 검토, 개정 과정을 관리할 수 있는 시스템 개발이 필요하다.

또한 원자력발전소의 수명주기가 60년에 이르는 만큼 데이터의 장기보관도 문제가 되고 있다. 이와 관련해 국내에서도 ISO 10303¹⁾ 표준을 기반으로 일본의 GPM 시스템²⁾을 확장해 한국형 원전 데이터 모델 및 응용시스템을 개발한 사례가 있다^{[1],[2]}. 이외에도 한전 전력연구원에서는 원자력발전소의 정보공유를 위해 ISO 10303 표준 기반의 데이터웨어하우스³⁾ 구축 및 형상관리 프로그램(안)을 수립하기도 하였다. 그러나 이러한 선행연구들은 종합적인 설계정보 관리 측면 보다는 데이터 교환에 국한된 연구이다.

본 연구에서는 EPRI URD⁴⁾ 사업자 요건을 참조하여 원전 설계과정에서 생산되는 정보의 관리 방안에 대하여 타당성 평가를 진행하였다.

2. 정보관리방안 타당성 평가

2.1 요건 분석

해외시장에서 경쟁력 있는 시스템 구축 방향을 검토하기 위하여 EPRI URD 사업자 요건에 대한 분석을 진행하였다. EPRI URD 사업자 요건에는 신규 원전개발자가 설계단계에서부터 설계기준, 설계근거 등 설계정보 간의 상호 연계성을 확보할 수 있는 정보관리시스템을 개발, 운영하도록 하는 요건을 제시하고 있다. EPRI URD의 주요 요건은 Table 1과 같이 요약할 수 있으며, 이를 바탕으로 원전 정보관리시스템 개발요건을 ①설계정보 형상관리, ②설계요건 관리, ③정보 통합관리 ④협업관리, ⑤시스템 확장성 관리로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 국내 원전 사업에서 사용되고 있는 대표적인 Legacy 시스템(IPIMS⁵⁾, DREAMS⁶⁾,

NPCMS⁷⁾ 등)을 분석하여 원전 정보관리시스템에서 다루어야 할 정보의 종류, 시스템 요구기능, 시스템 간 연계항목 등을 도출하였다. 또한 생산되는 설계 결과물에 대한 자료종류(문서, 계산서, 도면 등), 파일포맷, 생산 수량 및 시점, 연계 자료 목록, 관리 시스템의 DB 테이블 구조 등을 분석하였다. 도출된 각각의 항목에 대해서는 데이터 입력, 자료제출, 검토, 승인, 변경, 조회 등 발생하는 업무 프로세스를 재 정의 하여 시스템의 기능 항목으로 활용하였다.

Table 1. EPRI URD 요약

EPRI URD		비고
구분	주요내용 요약	
정보관리 시스템 (Information Management System)	설계, 건설, 운전 및 유지보수에 필요한 데이터의 수집, 저장, 검색	③, ④
	설계, 건설 이후 발전소 이관 후에도 시스템의 지속적 사용	⑤
	CAD/CAE 시스템의 효과적 사용	
	형상관리체계 구축, 운영	①
	사업관리 지원	④
형상관리 (Configuration Management)	버전관리, 변경 절차 수립	①
	설계에 적용되는 요건의 관리	②

2.2 프로토타입 구현

2.2.1 구현 범위

본 연구에서는 정보관리방안 타당성 평가를 위해 국내외에서 개발되고 있는 데이터 교환 국제표준을 적용하여 원전 일부계통에 대한 정보관리시스템 프로토타입을 구현하였다. 본 프로토타입에서는 국제표준 기반 데이터웨어하우스와 응용 서버를 구축하고 이를 웹 기반 협업시스템과 연동하는 것까지 포함되어 있다. 그러나 Legacy 시스템과의 연계 및 사내외 보완 시스템 보안 기능 등은 본 연구범위에 포함하지 않았다.

본 프로토타입에서 다루는 정보는 DREAMS에서 관리하고 있는 원전설계 정보 중 일부인 1차측과 2차측 형상 및 속성, 도면, 기관별 정보 접근권한 등이다. 그 외에 일반 사업문서는 개발범위에서 제외하였다. 데이터 저장 체계는 기능위치코드와 설비

1) ISO 10303 STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data) 제품모델 데이터 교환을 위한 국제표준으로 서로 다른 자동화 시스템 간에 제품정보를 교환하는데 공통의 언어 역할을 하는 인터페이스 기술

2) GPM(Generic Plant Model) : 일본 히타치사에서 국제표준을 기반으로 자체 개발한 원전 데이터 모델로 '02년 시가원전 2호기 건설 시 최초 활용되었으며, 현재 원전정보지식화 검색시스템 개발 등에 활용 중

3) 데이터웨어하우스(Data warehouse) : 여러 시스템에서 생산된 다양한 정보를 추출하여 통합화한 엔지니어링 데이터베이스

4) EPRI URD(Utility Requirement Document) : 미 전력연구원(EPRI)에서 제세하는 원자력발전소 사업자 요건 문서

5) IPMS(Integrated Plant Information Management system) : 한국전력기술(주)에서 개발한 통합플랜트정보관리 시스템

6) DREAMS : 한국수력원자력(주)의 통합정보관리시스템으로써 관

리/재무 회계, 설비관리, 발전운영, 도면/자료관리 등으로 구성

7) NPCMS(Nuclear Power plant Construction Management System) : 원자력발전 건설관리시스템

클래스코드를 준용하여 구현하였으며 엔지니어링 협업은 2차측 배관 해석 시스템을 구현하였다. 프로토타입 시스템 구성은 Fig 1과 같다.

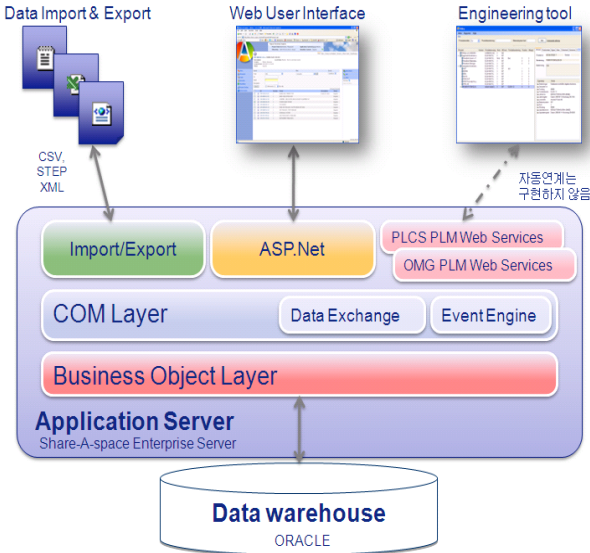


Fig 1. 프로토타입 시스템 구성

2.2.2 구현 방법

가. 데이터웨어하우스

국제표준의 활용은 향후 원전 해외 수출 시에 관련 설계 정보의 활용성을 높이기 위하여 고려되었다. 원자력발전소 데이터를 표현하는데 사용되는 표준으로는 ISO 15926 Process Plant⁸⁾가 일반적이지만 이는 데이터 자체에 대한 세부적 표현을 중심으로 다루고 있고, 현재 개발이 진행 중에 있으므로 설계 결과물 전체를 관리해야하는 데이터웨어하우스에는 적합하지 않았다. 데이터웨어하우스는 데이터 자체에 대한 세부적인 표현 보다는 원자력발전소를 구성하는 전체적인 데이터들에 대한 체계적인 저장 및 관리가 중요하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 사업범위에 속하는 모든 데이터를 체계적으로 저장, 관리하는 방안을 평가하기 위해 ISO 10303 AP239 PLCS⁹⁾ 표준을 활용하여 데이터웨어하우스를 구축하였다. 데이터웨어하우스 구현 측면에서 ISO 10303(PLCS)과 ISO 15926 표준을 비교하면 Table 2와 같다.

8) Process Plant : 석유 및 가스 시설을 포함하는 공정 플랜트의 생애주기 동안의 데이터 관리를 위한 국제표준

9) PLCS(Product Life Cycle Support) : 제품과 이에 대한 유지보수, 이력, 구성관리 등 생애주기 활동(Activity)을 정의하고 있는 국제표준

Table 2. ISO 10303(PLCS)과 ISO 15926 표준의 비교

비교항목	ISO 10303(PLCS)	ISO 15926
표현범위	데이터 간 연관성	데이터 자체의 구조/속성
활용분야	데이터 저장체계 표현 (데이터웨어하우스 구축)	데이터 교환 (CAD Format)
관리대상	설계 + 관리 데이터	설계데이터

나. 어플리케이션 서버

어플리케이션 서버란 앞서 설명한 데이터웨어하우스 구조에 맞게 데이터를 저장하고 이를 관리/활용하기 위한 응용도구 서버이다. 즉 ISO 10303(PLCS)에서 정의하고 있는 다양한 관리 기능을 어플리케이션으로 구현한 도구라고 할 수 있다. ISO 10303(PLCS) 또는 ISO 15926을 바탕으로 자체 응용서버를 개발하는 것은 상당한 기술력과 연구기간이 필요하다. 독자 기술 확보 및 사용자에게 따른 다양한 기능구현을 위해서는 자체 응용서버 개발이 필요하다. 그러나 본 연구의 프로토타입 구현에서는 국제표준 기반 시스템 구현 가능성 평가가 목적이기 때문에 공인된 응용서버인 'Share-A-space'¹⁰⁾라는 상용도구를 사용하였다.

다양한 참여기관이 공동으로 활용할 수 있도록 웹 기반 협업 환경을 구현하였으며, 기능위치 코드, PBS(Physical Breakdown Structure) 입력 및 기 운 영되고 있는 체계를 분석/정리하여 입력 데이터 체계를 구현하였다. 3차원 CAD 모델 정보의 경우 형상자료를 ISO 10303 AP214¹¹⁾ 표준 파일로 변환한 뒤 기능 위치별로 할당하고, 3차원 가시화 도구에서 플러그 인 형태로 구현하였다. 이 외에도 데이터 입/출력 도구 및 엔지니어링 시스템 연계 인터페이스를 구현하였다.

2.3 타당성 평가

2.1절에서 도출한 원전 정보관리시스템 개발요건 항목을 바탕으로 시스템의 주요기능을 정의하고 설계 개발 기간 동안 발생하는 주요 업무들을 추출하여 시스템 세부기능을 도출하였다. 이에 대한 주요 내용은 Table 3과 같이 요약할 수 있다.

10) Eurostep에서 개발하여 국제적으로 자동차, 조선 산업 등에서 사용되고 있는 PLCS 상용도구(<http://www.share-a-space.com>)

11) AP214(Core data for Automotive Mechanical Design Processes) : 자동차 구조를 표현한 국제표준으로 3D 형상 표현이 가능하며 대부분의 CAD시스템에서 214 포맷을 지원.

Table 3. 시스템 기능 구성

주요기능	세부기능
형상관리	버전관리
	변경사항 관리
	기능적, 물리적 분류구조 표현
	3D 모델 가시화
요건관리	요건등록 및 할당
	요건조회
정보통합관리	관련정보 등록 조회
	정보 일괄 추출
협업관리	조직 및 인원 생성/관리
	권한관리
	표준(공용) 문서 교환, 공유 관리
	자원관리
시스템 확장성	외부시스템과 연계링크 관리
	파일기반 연계(※향후 DB기반 연계)

주요기능에 대한 세부 구현내용 및 각 기능에 대한 개발 타당성 평가 내용을 정리하면 다음과 같다.

2.3.1 형상관리

원자력 발전소 설계개발에서 다양한 참여기관들이 설계 결과물을 제출하고, 이를 검토/승인(조건부 승인, 반송)/설계변경/조회 등의 업무가 이루어진다. 이때 제출되는 설계 결과물은 버전 및 변경사항 관리 즉 형상관리가 필수적이다. 프로토타입에서는 검토결과에 따른 변경요청, 지시, 변경 및 승인 절차를 Fig 2의 일부를 구현하였으며 관련 이력을 관리할 수 있도록 하였다. 그러나 시공, 운영 등 후속 단계 업무와의 연계는 Legacy 시스템과 연동이 필요한 부분으로 본 연구에서 구현하지 못하였다.

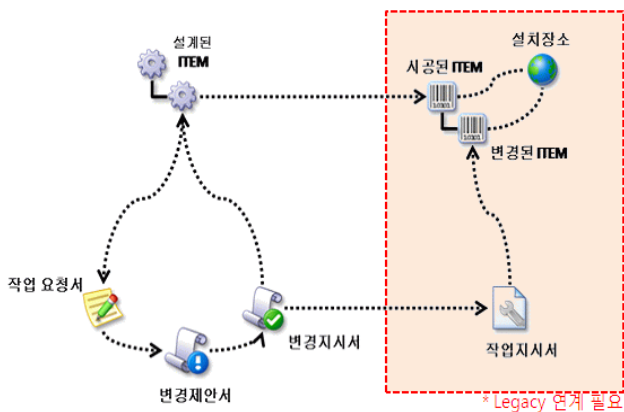


Fig 2. 설계변경 개념 및 구현

2.3.2 요건관리

요건관리는 계통, 설비 등이 갖추어야 할 설계상의 제약사항을 관리하여 최종 결과물이 해당 요건을 충족할 수 있도록 추적 관리하는 것이다. 이 기능은 요건 속성을 시스템에서 데이터화하여 활용하는 방법과 관련 요건문서를 참조하는 형태로 구현하였다. 데이터화 된 요건 속성은 요건 간 관련성을 가질 수 있고 필요시 엔지니어링 시스템과 연동하여 사용할 수 있음을 확인하였다. 그러나 원전 설계 요건은 그 범위가 매우 방대하므로 전체 요건에 대한 종합적인 분석에 한계가 있어 본 프로토타입에서는 일부계통의 설계요건만을 그 대상으로 하였다. 요건관리 기능이 보다 충실히 운영되기 위해서는 요건자체의 데이터베이스화가 우선 수행되어야 하며, 이를 원전 정보관리시스템과 연동하여 사용할 수 있는 방법에 대한 추가 연구가 필요하다.

2.3.3 정보통합관리

설계 결과물 등록은 기능위치 기반 데이터 체계를 구성하여 관련 모든 문서를 연계 등록할 수 있도록 구현하였다. 예를 들어 원전 설비객체 중 하나인 “Steam generator01”를 조회하면 Fig 3과 같이 연관된 설계문서, 버전정보, 분류체계(상/하위 분류) 등을 일괄 조회할 수 있으며, 분류체계 조회 시 관련 3차원 CAD 모델 또는 도면을 Fig 4와 같이 확인 할 수 있도록 하였다.

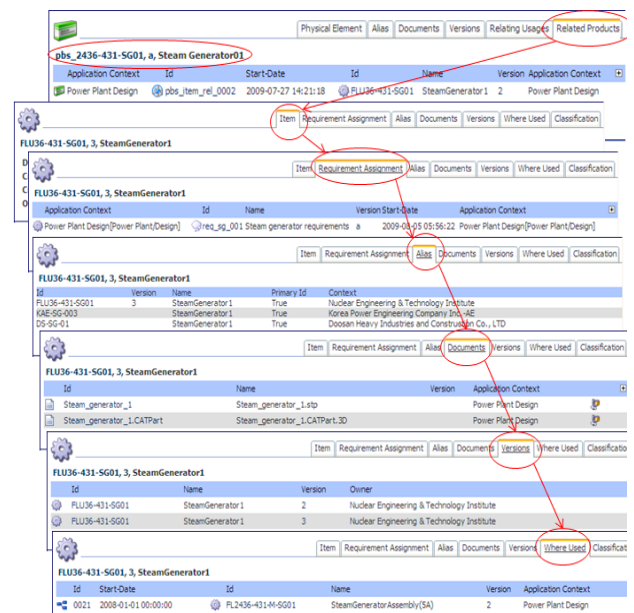


Fig 3. 정보 통합 조회 화면

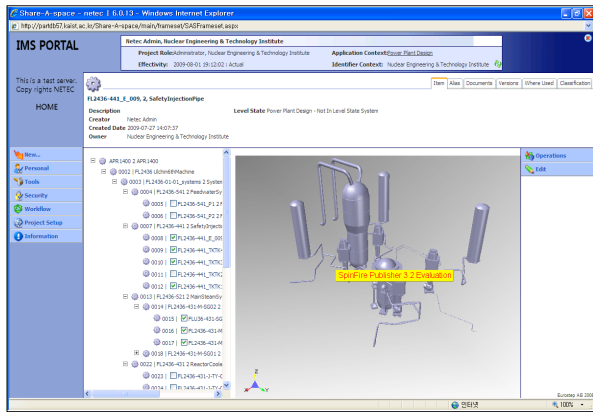


Fig 4. 분류구조 및 3차원 CAD 모델 가시화 화면

이와 같은 정보통합 관리 기능은 필요시 계통별 문서, 변경된 설계문서 등 일정한 조건을 할당하여 해당 정보의 일괄 추출을 가능하게 한다. 단 통합 조회되는 정보는 프로토타입 내에 저장된 정보로 제한되는데 향후 Legacy 시스템과의 연계를 통해 사업관리 정보(내부결재, 사업교신문서 등)의 조회 기능도 고려되어야 할 것이다. 또한 Fig 5에서 가시화된 3차원 CAD 모델은 객체 속성정보를 제외한 형상정보만을 표현할 수 있는데 향후 건설, 운영 단계에서 자재 및 설비관리에 사용되기 위해서는 속성정보의 관리까지 필요하다. 이를 위해서는 원전 데이터 모델개발 및 속성/형상정보 가시화 브라우저에 대한 추가 개발이 필요하다.

2.3.4 협업관리

설계개발 기간 동안 사업참여기관의 협업 환경을 구현하기 위하여 웹 기반 프로토타입 시스템을 구현하였다. 또한 사용자 권한에 따라 사용 메뉴 및 정보열람 수준을 지정하여 사용 환경을 다르게 구성할 수 있도록 하였는데 일반적인 화면 구성은 Fig 5와 같다. Main menu는 아이템 생성, 개인 정보관리, 각종도구(Import/Export), 업무 프로세스 관리 등으로 구성된다. 화면 상단에는 로그인 되어 있는 사용자 정보와 조회하고 있는 데이터에 대한 정보를 제공하는 Session information창을 구성하였다. 화면의 중심에는 각종 조회결과를 확인할 수 있는 Work area로 구성하고 그 상단에서는 현재 조회 중인 정보에 대한 연계정보를 확인할 수 있도록 하였다. 향후 웹 환경 시스템에 대한 보안 및 접근방안에 대한 추가 검토가 필요하다.

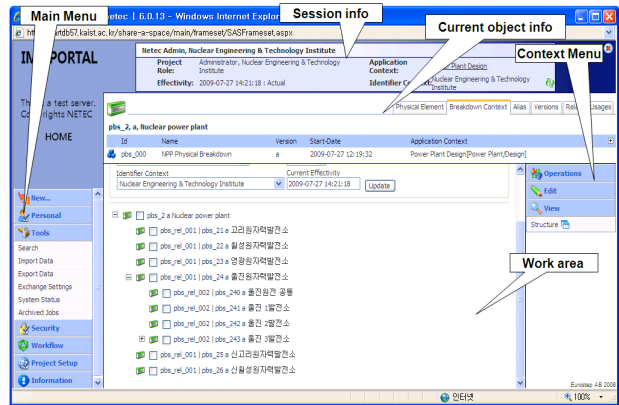


Fig 5. 시스템 화면구성

2.5 평가 결과

본 프로토타입 시스템을 활용하여 2.1절에서 도출된 개발요건 중 ‘시스템 확장성’을 제외한 요건들에 대하여 타당성 평가를 수행하였다. 시스템 확장성은 파일 기반으로 타 응용시스템을 호출하는 수준으로 구현하였으나 시스템 간 연계는 구현하지 못하였다. 그 외 개발요건 대해서는 ISO 10303(PLCS) 체계로 구현 가능함을 확인할 수 있었으나, 본 평가가 원전 일부 계통의 데이터에 국한되어 수행되었기 때문에 종합 결론을 내리기에 한계가 있었다. 평가 결과를 요약하면 Table 4와 같다.

Table 4. 타당성 평가 결과요약

요건항목	평가 결과
형상관리	- 도면, 문서, 모델 등 주요 설계정보에 대한 버전관리 및 변경관리가 가능함. - Legacy 시스템과의 연계성 검토 필요함
요건관리	- 개별적인 요건을 시스템에 등록하여 활용함으로써, 요건할당, 추적가능 - 요건 데이터베이스화에 대한 추가검토 필요함
정보 통합관리	- PBS 및 기능위치를 기반으로 데이터가 연계되어 데이터 입력, 조회 및 추출이 용이함. - 단, 기존 업무 데이터(내부결재, 사업교신문서 등) 활용성 평가가 필요함. 또한 3차원 CAD 모델 관리를 위해 속성정보를 위한 데이터 모델 및 가시화 브라우저의 추가 개발이 요구됨
협업관리	- 협업지원을 위해 조직/인원 등록, 권한관리, 역할 정의, 권한에 따른 업무범위를 정의하여 협업이 가능하도록 구현함. - 단 시스템 보안에 대한 추가 검토가 필요함
시스템 확장성	- 엔지니어링 협업서버를 구축하여 업무 자동화의 가능성 확인하였음. (협업서버의 라이선스 문제로 인해 파일 기반으로 구현함) - 보안을 고려한 시스템 구성 및 연계에 대한 추가검토가 필요함

3. 결론

본 연구에서는 ERPI URD 사업자 요건을 분석하였고, 원전 설계단계에서의 생산정보 및 관리시스템 등을 분석하여 종합적인 개발요건을 도출하였다. 이를 토대로 국내 원자력발전 산업의 설계개발 단계에서 사용할 수 있는 정보관리시스템에 대한 프로토타입 시스템을 구현하였다.

실제 원전의 일부 설계정보를 활용하여 구현된 시스템을 일정기간 운영해 본 결과 다양한 개발요건을 만족하는 것으로 확인되었다. 그러나 현재 운영되고 있는 Legacy 시스템(DREAMS, NPCMS 등)과 연계되어 상호 보완적인 시스템 체계로 구성되어야하나 연계항목 도출수준에 그치고 있어 실질적인 운영 시스템 구현을 위해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

또한 원전 정보관리시스템 구현방법에는 본 연구에서 도입한 국제표준 기반의 데이터웨어하우스 및 응용시스템을 별도로 구축하는 방법 외에도 Legacy 시스템 기능개선, ISO 15926 기술을 적용한 상용 제품군 도입 등의 방법이 있는 것으로 조사되었다. 본 연구는 국내 원자력산업분야 최초로 국제표준 기술을 도입한 기술적 의의를 가지고 있으나 국내외 적용사례가 아직까지는 부족하고, 관

련 국제표준 및 기술개발이 현재 진행 중이기 때문에 원자력 산업에서의 실질적 적용을 위해서는 향후 지속적인 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- [1] 한순홍 외, “국제표준 기반의 원자력발전소 데이터 모델 및 응용 시스템 개발”, 연구보고서, 전력산업 기술기반조성사업(2006)
- [2] 한순홍 외, “제품모델 기반의 가상 생산 기업 네트워크 (VIPNET)” 2단계 보고서, 한국과학기술원(2008)
- [3] 양정삼 외, “국내 자동차산업에서 제품데이터 품질에 대한 현황 조사” 한국CAD/CAM학회 논문집, 제10권 제4호(2005)
- [4] ISO 10303-239:2005, Part 239: Application protocol: Product life cycle support.
- [6] ISO 15926:2004, Industrial automation systems and integration - Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities.
- [7] Mattias Johansson, "Sharing Product Data Through Life in the Extended Enterprise - the Share-A-space TM solution", Eurostep Commercial Solutions AB.
- [7] EuroSTEP, <http://www.eurostep.com>
- [8] NIST(STEP Modularization Project), <http://ats.nist.gov/stepmod/>
- [9] Internation Industry STEP Center, <http://isc.atcorp.org/>