

APR⁺ 설계정보관리시스템 개발방안 연구

이의중*, 변수진,** 김병섭***

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원

A Study on Development of the Information Management System of APR⁺

Lee, Eui-Jong, Byon, Su-Jin, Kim, Byong-Sup

NETEC, Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd

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

요 약

해외시장 진출이 가능한 국내 고유노형 개발을 목표로 지난 '07년 8월부터 APR⁺ (Advanced Power Reactor Plus) 기술개발 사업이 추진 중에 있다. 본 사업을 통하여 생산 되는 원전 설계 결과물들을 기존의 파일 기반 관리 시스템에서 진일보한 데이터 기반 관리 시스템을 개발하여 관리하고자 한다. 본 시스템은 원자력 발전소 전 수명주기 동안 데이터 간의 유기적 연계 사용을 목표로 하고 국제표준을 사용하여 개방형 시스템으로 구축한다. 본 연구는 APR⁺ 설계정보관리시스템 구축을 위한 기반연구로써 국제표준 기술 및 원자력 발전 분야의 정보관리 사례 등을 분석하여 시스템 개발 방향을 전망하고자 한다.

1. 서론

원자력 발전은 국내 최대 전력 공급원으로서 '09년 현재 20기의 원전이 가동 중에 있고, 이는 세계 6위의 규모이다. 최근 국제적 유가폭등과 관련하여 국내 안정적 에너지원으로써 원자력 발전이 각광 받고 있으며, 친환경 에너지원으로써도 주목받고 있다. 국내 원자력 발전 산업은 지속적인 성장과 기술 고유화가 진행되고 있으며, 해외시장 진출이 가능한 국내 고유노형(APR⁺) 개발을 추진하고 있다. APR⁺(Advanced Power Reactor Plus) 기술개발 사업은 '07년 착수되어 '09년 현재 기본설계 개발이 진행 중이다.

원자력 발전 산업은 60년 이상의 긴 수명주기를 가지고 있으며 설계단계에서 생산된 많은 기술 정보가 시공단계부터 운영단계에 이르기까지 계속적으로 참조 및 활용된다. 그러나 국내 원자력 발전 산업은 설계, 건설 및 시공, 운영 사업을 각기 다른 기관에서 서로 다른 Tool을 가지고 수행함으로써

설계 정보의 교환 및 활용에 많은 제약이 있으며, 원자력 발전소 운영 단계에서 각 사의 설계자료 활용은 파일기반의 단편적 정보 활용수준에 머물러 있는 상황이다. 따라서 APR⁺ 기술개발에서는 APR⁺ 개발기간 동안 생산 및 활용되는 다양한 설계 정보들을 통합하여 체계적으로 저장·관리할 수 있는 정보관리체계 및 관리 시스템 개발을 추진할 예정이다. 원자력 산업에서 정보관리란 발전소의 초기 설계 단계에서부터 최신 IT 기술을 활용하여 설계자동화 및 설계 정보관리시스템을 개발하고 이를 바탕으로 통합 데이터베이스를 구축함으로써 발전소의 전 수명기간 동안 데이터를 관리, 가공하는 전 과정을 말한다.

본 연구는 APR⁺ 설계정보관리시스템 구축을 위한 기반 연구로써 국제표준 기술 및 원자력 발전분야의 정보관리 사례 등을 분석하여 APR⁺ 정보관리시스템 개발 방향을 전망하고자 한다.

2. 연구개발 동향

2.1 원자력 발전소 설계정보 특성

원자력 발전소에서 생산되는 정보는 수명주기에 따라 연구자료, 설계자료, 구매자료, 건설자료, 시운전자료, 운전자료, 유지/보수 자료, 등으로 나눌 수 있고 각각의 정보는 Drawing File 등의 물리적 정보와 Code & Standard, Calculation 값 등의 기능적 정보로 구분된다. 이러한 정보들은 서로 유기적인 상관관계를 가지고 전 수명주기 동안 서로 참조되고 재가공 및 재사용되는 과정을 거친다(Fig 1). 또한 생산되는 정보의 양은 매우 방대한데 현재 신고리 #3, 4호기로 건설되고 있는 APR1400(Advanced Power Reactor 1400)의 설계 당시 생산된 2D 도면은 120,000건, Calculation, Spec. 등의 문서 정보는 800종, 기기/장비 정보는 약 20여종 270,000건에 이른다.

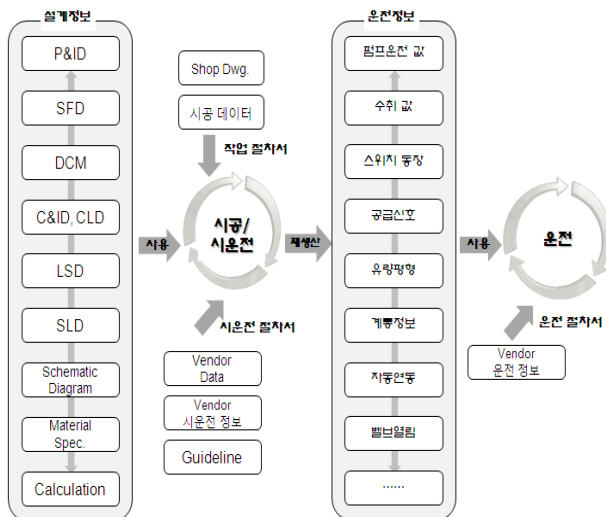


Fig 1. 원자력발전 설계정보의 생성과 흐름

2.2 해외 연구동향

미 전력연구소(EPRI)는 신형원전 개발 시 정보관리시스템을 개발 및 운영하도록 사업자 요건을 제정하고 있으며, 문서관리, 엔지니어링 프로세스 관리가 포함된 형상관리(CM) 요건을 정의하여 활용하도록 요구하고 있다^[4]. 또한 2009년부터 설계, 시운전, 운영 단계의 데이터베이스를 통합하여 관리할 수 있도록 3-D Models 기반 형상관리 요건개발에 착수하였으며, 이는 원전 설계정보 Handover Guide, XML Equipment 스키마 개발 등을 포함하고 있다^[5].

일본은 원자력 발전소에서 통합 DWH를 구축하여 사용하고 있는 대표적인 사례로 히타치사에서 국제표준모델을 준용하여 자체 개발한 GPM(Generic Product Model)을 사용하고 있다. GPM은 플랜트 관련 ISO STEP(STandard for Exchange of Product model data) AP 및 ISO 15926(Life cycle data for process plant) 표준을 바탕으로 일본 원전 산업에 맞게 재 정의한 표준으로 '02년 시가 원자력 발전소 2호기 건설단계에서 시범 적용되었으며 '07년부터 원자력 발전소 설비운영 업무에 적용해오고 있다. ISO STEP 및 ISO 15926 등은 원자력 발전분야의 대표적인 국제표준 데이터 모델이다. STEP AP227은 플랜트 3차원 CAD 형상 정보 및 공간 정보를 표현하고 있고, AP221은 계통기능 표현, AP231은 프로세스 엔지니어링 데이터, AP225는 발전소 구조물을 표현한다. 그 외에도 AP239는 수명주기 지원 분야의 표준으로 사용된다.

ISO 15926^[3]은 프로세스 플랜트의 전 수명주기를 지원하는 통합 모델로써 개념적 Data Model 및 참조 데이터(RDL, Reference Data Library) 등을 정의하고 있는데 최근 벡텔사에서 ISO 15926을 중심으로 플랜트 정보관리 체계를 개발하고 있다^[6].

3. APR⁺ 설계정보관리 시스템 개발방향

APR⁺에서 구축하고자하는 설계정보관리 시스템은 기본적으로 데이터 기반으로 관리되며 모든 설계 정보가 후속 공정에 데이터 단위로 이용할 수 있도록 한다. 데이터 기반 관리란 발전소의 공간적, 기술적 설계 특성을 3차원 CAD 기술과 데이터베이스 기술을 적용하여 각 요소 단위에서 독립적, 체계적으로 관리함으로써 각종 데이터 간 정확성 및 정합성을 유지하도록 하는 것이다(Fig 3).

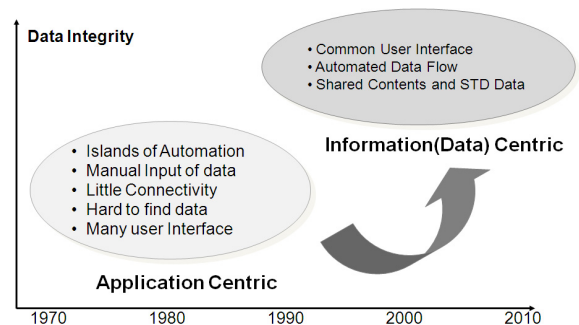


Fig 3. 데이터 기반의 수명주기 시스템

3.1 상위 개발요건

APR⁺에서는 설계정보관리시스템의 최상위 기본요건 및 기능을 다음과 같이 정의한다.

- 프로젝트 전체 참여자가 접속하는 단일 시스템
- 저장된 모든 정보가 식별가능하며 통합 구축
- 동일 정보는 한번 입력하며, 관련 업무에 재활용
- 국제표준에 맞는 표준 포맷 사용

3.2 국제표준 기반의 데이터웨어하우스 개발

APR⁺ 개발과정에서 사용하는 자료관리 데이터베이스는 국제표준 기반의 데이터 모델을 기반으로 하는 강건한 구조의 DWH(Data warehouse)로 구축한다. DWH 내의 데이터들은 데이터 모델 구조에 따라 서로 연관 관계를 가지며 정의된 속성 정보가 응용 시스템을 통하여 식별이 가능하다. 또한 상용 시스템 사이에 데이터 포맷 변환기를 개발함으로써 시스템 포맷, 버전 등에 영향을 받지 않도록 하며, 기존 전산 시스템과 인터페이스를 연계시킨다. DWH 구축에 국제표준을 사용한다는 것은 다음과 같은 의미를 갖는다.

- 해외 수출 시 데이터 변환 소요 비용 감소
- 원자력 플랜트 산업의 국제표준 선점 효과
- 개방형 데이터베이스로 다양한 솔루션 개발편의
- 중립 포맷으로 전 수명주기 데이터 호환성 증대
- 전 수명주기 동안 사용가능한 데이터 연속성 유지

3.3 시스템 구축 시 주요 고려사항

데이터 기반 정보관리를 위해서는 설계 단계에서부터 3D 객체 기반 설계가 이루어져야 하며 데이터 관리절차의 전면적인 개선이 요구된다. 따라서 본

Table 2. APR⁺ Data Model 개발 측면에서 대상 표준모델 비교·분석

항목	ISO 15926	GPM	비고
구조	Class Library 구조	Class Library & Association library 구조 비교적 구조가 간단하고, 확장성 우수 ^[2]	확장 가능
원자력 발전소 활용사례	-	<ul style="list-style-type: none"> • 일본 Shika 원자력발전소 2호기 시공('02년) • 원자력 발전소 설비보전업무 적용('07년~) 	
기술 종속성	기술종속성 및 법적문제 없음	<ul style="list-style-type: none"> • GPM 솔루션 : 일본 히타치 소유 • 기술이전 및 한국형 모델 개발필요 	
개발 장점	<ul style="list-style-type: none"> • 국제표준이며, 국제적 개발/응용이 증가 추세 • 상용 Application에서 지원 노력 중(Table 3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 발전소 특화모델, 실 적용사례 有 • 우수한 국내 응용기술 보유 	
개발 단점	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 발전소의 실제 적용사례 없음 • 한국내 응용기술 경험이 부족함 	<ul style="list-style-type: none"> • 국제적 표준이 아님 • 상용 Application과의 호환성 떨어짐 	

시스템을 사용하는 사업 참여기관 간의 업무절차에 대한 사전 협의가 필수적이다.

4. 시스템 개발을 위한 요소기술 분석

APR⁺ 설계정보관리시스템 구현을 위해서는 사업관리 프로그램 개발과 DWH 응용 시스템 개발로 나누어 개발한다. DWH 개발은 APR⁺ 데이터 모델을 개발하고, 기존 시스템과의 연계를 고려한 통합 데이터베이스를 구축한 뒤 데이터를 활용할 수 있도록 데이터 입·출력기를 포함한 응용 시스템을 개발한다(Fig 4).

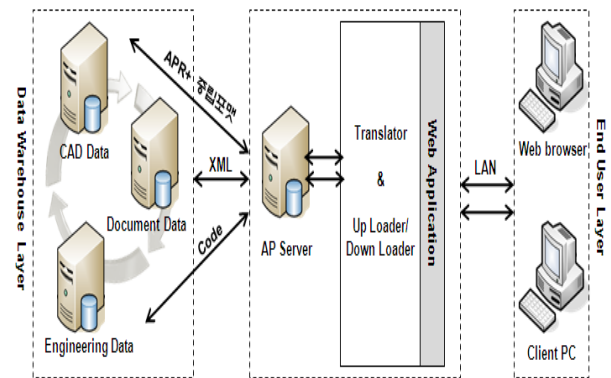


Fig 4. 시스템 구축 개요도 및 파일교환

4.1 데이터웨어하우스 구축 절차

데이터웨어하우스를 개발하기 위해서는 Fig 5와 같은 개발 프로세스가 요구된다.

요구사항 도출과정은 시스템 개발에 앞서 개발 범위 및 항목 등 상세계획을 수립하기 위한 가장 중요한 단계로 시스템 운영사가 적극적으로 요구하는 기능을 결정하는 단계이다.

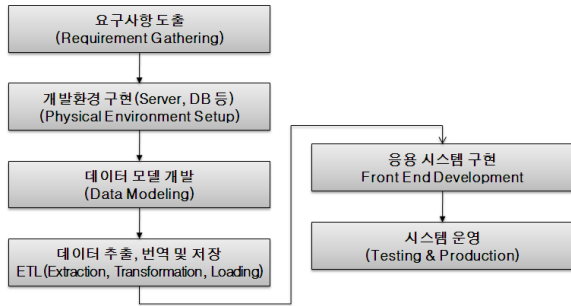


Fig 5. DWH 구축 프로세스

APR⁺에서는 3.1절에서 설명한 것처럼 상위 시스템 구축 목표를 정립하고 다음과 같은 하위 요구조건을 정립하기 위한 연구를 진행하고 있다.

- 설계 데이터의 최하위 데이터 프레임 설정
- 3D 데이터 기반 설계항목 선정 및 DWH를 이용한 설계 프로세스 개선
- 데이터 프레임, 제출시점 및 방법 등을 고려한 계약방법 수립

개발된 데이터웨어하우스 및 관련 시스템은 궁극적으로 기존 시스템과의 연계가 이루어져야 하며, 각각의 응용 시스템과의 연계방안을 사전에 수립하여 개발할 예정이다. 기술적인 측면에서는 통합 데이터 모델 개발이 선행되어야 한다.

4.2 데이터웨어하우스 구축을 위한 데이터모델

APR⁺ 특성에 맞는 데이터모델 개발에 앞서 근간이 되는 국제표준을 선택해야 한다. APR⁺ 데이터 모델 구축에 앞서 주요 고려사항은 다음과 같으며 이에 따라 주요 표준모델 분석 작업을 진행하였다 (Table 2).

- 국제표준 동향 : 향후 원전 수출을 대비하여 S/W저작권 분쟁이 없는 표준 및 현재 국제적으로 많이 사용되는 표준
- 국내 원자력 발전소와의 적합성 : 국내 원전의 특성표현이 가능하고, 확장이 유연한 표준
- 개발 타당성 및 국내 보유 기술력 : 구현 및 운영이 가능한 국내 기술력을 가진 표준

4.3 설계 데이터 변환

원전 설계 및 시공단계에서 생산되는 정보들은 각기 다른 시스템에서 생산되어 다양한 파일 포맷으로

생산되고 있다. 이러한 상이한 포맷을 가진 데이터는 상호운영성 및 통합 데이터 저장·관리에 문제가 발생하기 때문에 APR⁺ 데이터모델에 맞는 중립포맷으로 데이터를 변환하는 과정을 거쳐야한다.

각각의 응용시스템 단위의 번역기 개발은 APR⁺ 데이터모델개발과 함께 가장 중요한 개발 업무라고 할 수 있으며, 상당한 개발기간이 소요될 것으로 전망하고 있다. APR⁺에서는 현재 설계 데이터 중 2D P&ID, 3D CAD 등 Drawing File은 APR⁺ 중립 포맷으로 저장하고, 워드, 엑셀 등 전자 문서파일은 XML 형태, 그 외에 Code 값 및 Calculation 값은 그대로 저장하는 방법을 고려하고 있다(Fig 4).

번역기 개발에 앞서 상용 S/W에서의 중립포맷 지원 여부를 고려해야 하는데 최근 국제표준 포맷에 의한 데이터 교환이 중요한 이슈가 되고, 실용화 단계에 이르면 따라 국내외 많은 상용 S/W에서 국제표준 포맷을 지원하는 경향이 꾸준히 증가하고 있다.

상용 S/W에서 1차적인 포맷 번역 기능을 제공한다면 이것을 활용하여 APR⁺에 적합한 번역 기능을 추가하여 개발할 수 있으므로 개발 소요기간 및 비용을 최소화 할 수 있다(Table 3).

Table 3. 상용 S/W에서의 국제표준 지원현황

S/W	항목	ISO 15926	
		P&ID	3D CAD
AVEVA (PDMS)		Export 가능 Import 불가능	Export 가능 Import 가능
INTERGRAPH (SmartPlant)		Export 가능 (형상제외) Import 불가능	불가능
BENTLEY (PlantSpace)		'09년 이후 가능예정	Export 불가능 Import 가능
AutoCAD		불가능	불가능

5. 결론 및 향후과제

본 연구는 APR⁺ 설계정보관리시스템 구축에 앞서 개발 방향 및 전략을 검토하였다. 원자력 발전소 개발에는 수많은 정보가 생산되고 그 정보들이 서로 유기적인 관계를 가지고 있음에도 불구하고 국내 원자력 산업 특성상 설계단계에서 생산된 정보가 파일 단위의 자료관리 수준에서 머무르고 있다. 이 때문에 설계 정보 활용 효율이 떨어질 뿐만 아니라 시공 및 운전단계 등에서 응용 시스템을 개발할 때 구축된 정보를 재가공하는 노력과 추가

비용 문제가 발생하고 있다. 본 연구에서는 원자력 산업에서의 정보특성과 관리방안을 분석하였고 이를 바탕으로 구축하고자하는 시스템의 개발요건 및 전제사항을 수립하였다. 또한 시스템 개발을 위해 사전 검토되어야 하는 기술적 제한사항 등을 분석하였다. 그러나 실제 시스템을 개발하기 위해서는 원자력 발전소의 실제 데이터를 가지고 데이터 간 상관관계 분석 및 데이터 프레임 가공 등의 구체적인 개발 실현성 평가과정이 요구된다. 이는 본 연구의 후속조치로서 추진 될 예정으로 개발 방안 수립 및 일부 원전 계통에 대한 Prototype 시스템을 구현할 예정이다. 이 평가과정이 마무리 되면 본 시스템에 대한 구체적인 개발 계획(안) 및 구축일정, 시스템 규모 등이 도출되고, 결과에 따라 본격적인 개발이 진행될 예정이다.

[참고문헌]

- [1] 문두환, 천상욱, 최영준, 한순홍, “원자력 발전소 제품 데이터의 공유를 위한 중립 모델 기반의 데이터 웨어 하우스 구축”, 『한국 CAD/CAM학회 논문집』, 제12권 제1호, (2007), pp 74-85
- [2] 윤진현, “ISO 15926 국제 표준을 이용한 원자력 발전소 기자재 분류체계”, 『한국 CAD/CAM학회 논문집』, 제12권 제3호, (2007), pp197-199
- [3] ISO 15926 홈페이지, <http://15926.org>
- [4] EPRI Technical report "Configuration Management Overview and General Concepts" (2005)
- [5] EPRI 홈페이지 <http://epri.com/portal/server.pt>
- [6] Nils Sandsmark, "Implementation of ISO 15926 ", ISO TC184/SC4 STEP Meetings, (2008)