

# STEP 을 이용한 원자력플랜트

## 설계정보의 교환과 공유

박찬국\*, 조광종\*\*, 한순홍\*\*\*

### The exchange and sharing of design data for nuclear power plant application by using the STEP

Chan-Cook Park, Kwang-Jong Cho, Soonhung Han

#### Abstract

This paper addresses the issues related to the development of product model and applications for nuclear power plants based on STEP and PLIB standards. The ISO standards which can be applied are; STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data) AP(application protocol) 221/231, AP 230/225, AP 227, ISO 13584 PLIB, ISO 15926 RDL. The data models of the AP's and ISO 15926 RDL are reviewed and an application system is proposed to exchange and share the design data of the nuclear power plant.

*Key Word : Product Data Model, STEP, Nuclear power plant, RDL*

\* 고등기술연구원 엔지니어링 정보기술센터 수석연구원, \*\* 연구원, \*\*\*KAIST 기계공학과 부교수

#### 1. 서론

최근 대부분의 제조 및 건설 등의 플랜트 산업을 포함하는 모든 산업분야에서 새로운 IT 기술 접목으로 산업의 기술경쟁력 재고를 위한 정보시스템의 필요성이 증가되었다. 이는 기업 환경의 글로벌화, 제품의 복잡성 증가, 짧아진 제품 수명 주기 및 신개념의 제품개발 및 생산 방식 등의 등장으로 첨단 정보기술을 적극적으로 활용한 새로운 업무 환경을 필요로 하고 있기 때문이다.[16]

일반적인 원자력플랜트의 특징으로는 압

력용기와 같은 특수기기와 많은 양의 표준화된 부품(밸브류, 배관, 강구조물 등)등의 구매 및 제작, 조립으로 말할 수 있다. 원자력플랜트 설계 및 건설은 수년간에 걸쳐서 여러 다른 설계 분야가 관여하여 주 계약자가 많은 하부계약(subcontractor) 및 기기, 부품 공급망을 관리하게 되며, 설계가 완료되기 전에 시공 및 제작에 들어가기 때문에 기기구매나 제작자들은 부정확한 데이터를 가지고 프로젝트를 진행시키기는 경향이 있으며, 많은 설계변경이 있을 수 있다. 따라서, 일관된 설계업무 수행, 원활한 자재수급

및 정확한 생산지원체제를 지원하기 위하여 원자력 플랜트의 특성을 잘 반영한 제품모델(Product Model)에 기초한 CAD 정보를 포함한 설계정보의 교환 및 공유기술이 프로젝트 수행에 필수적이다. 플랜트의 일반적인 설계과정은 기본설계에 필요한 개략적 사양인 설계기준, 기초 P&ID 도면 등을 수주업체에 제공하고, 수주업체는 기본설계 전문 엔지니어링 업체와 공동으로 상세설계, 생산설계를 수행하는 것이 일반적인 절차이다.

컴퓨터 CAD 모델을 이용한 원자력 발전소 통합 정보시스템을 구축하기 위해서는 서로 다른 환경 하에서 다양한 CAD, CAM, PDM 등의 개별적인 설계 및 관리 시스템이 서로 연결되어 설계 및 시공정보를 교환하고 공유할 수 있어야 한다.[20] 형상을 포함한 각종 플랜트 엔지니어링 정보는 데이터 처리에 많은 시간과 인력이 필요하며, 이기종 CAD 시스템 간의 데이터 호환이 문제됨으로 인해 전체 공정에 차질을 가져오는 경우가 있다. 이의 해결책으로는 전체데이터를 하나의 통합된 시스템으로 가져가거나, 각 시스템 간에 필요한 전용 인터페이스를 개발하는 방법이 있지만, 이것은 하나의 특정시스템에 지나치게 의존함으로써 향후 정보기술의 발전에 따른 시스템의 유연성에 심각한 장애를 초래할 수 있다.[15, 18] 또 다른 측면으로는 원자력발전소와 같은 내구수명이 20-30년 정도의 장주기인 경우, 전생애주기 동안 제품정보를 관리하기 위한 필요조건은, 응용시스템의 연속성유지는 주지의 사실이지만, 대부분의 전산응용시스템이 수년단위로 Unix, Linux, DOS, Windows 등의 운영체제 및 데이터베이스(DBMS)가 상당부분 바뀌어 데이터 호환성에 심각한

장애를 초래될 수 있다.[4, 12, 13]

본 논문에서는 STEP AP 에서 원자력플랜트에 적용 가능한 데이터 모델을 개발하기 위해서 플랜트 분야와 관련된 AP 를 검토하고 설계정보의 교환 및 공유를 위한 개념적인 방법론을 제시하고자 한다.

## 2. 국내외 관련연구

플랜트분야와 비교적 연관이 있는 조선 및 건설분야의 STEP 연구 동향을 살펴보면 조선분야는 조선관련 연구기관을 중심으로 선급-조선소간 설계승인정보 분석, STEP ATS 318 WD(Working Draft) 초안 개발, 선체 중앙부 데이터에 대한 AP 218 번역기 개발 등에 관한 연구를 수행 중이며[3], 건설 분야는 건설 CALS 체계 구축을 위한 요소기술에 관한 연구, 국제 표준인 STEP 과 국제 산업 표준인 IFC 에 관한 응용 연구, 도면정보 표준화에 관한 연구 등이 발표되고 있으며 2003년에 공공건설사업에 CALS 적용을 목표로 추진하고 있다.[14]

국내의 플랜트 STEP 에 대한 연구는 아직 활성화되어 있지 않은 편이다. 석유화학 및 정유공장에 많이 쓰이는 열교환기나 증류탑 트레이와 같은 기기 등에 대해서 STEP 표준에 의한 형상 및 설계데이터 모델링에 대한 연구, AP 225 와 AP227 을 이용한 건설공통 모듈에 대한 연구[2]가 국내에 발표되었으며 석유가스와 플랜트분야의 제품 모델규격의 기초적인 국내적용지침[1]이 개발단계에 있다.

플랜트 분야의 해외 개발 노력은 다음의 주요한 AP 들이 중점적으로 개발되고 있다.[11]

① EPISTLE : European Process Industries

STEP Technical Liaison Executive (AP221)

② PIEBASE :Process Industries Executive for Achieving Business Advantage using Standards for data Exchange(AP221, AP227, AP231)(미국, 일본, 유럽에서 참여)

③ PIPPIN : Pilot Implementation of a Process Plant Information Warehouse

④ PISTEP : Process Industries STEP Consortium (영국 컨소시엄형태)

⑤ PlantSTEP : 미국 프로세스산업체 주도 (AP227) (주요 참여사 : DuPont, Eastman, Merck, John Brown, Bechtel, AutoDesk, Bentley, Computervision, Intergraph, CADCentre and NIST)

⑥ USPI-NL : Uitgebreid Samenwerkingsverband Proces-Industrie (AP221)(네덜란드)

일본의 플랜트분야 STEP 연구는 PlantEC에서 주도적으로 관련 연구를 수행하고 있다. PlantEC는 일본의 국내기관(화학공학회-SCEJ, 전기사업자 협회, 벨브제조협회)과 ENAA(Engineering Advancement Association of Japan)의 후원아래 1998년에 설립된 기관으로써 최근에 "통합 데이터 웨어하우스 구축 및 데이터 웨어하우스에 기초한 회사 간 전자상거래 실증 시험"이란 과제를 수행 중에 있다.[17, 21] PlantEC의 주요 설립목적은 플랜트 데이터 웨어하우스의 표준화 및 대규모 플랜트 데이터의 데이터 웨어하우스 유용성 실증이라고 할 수 있다. 또한 기업 네트워크 환경에서 제품 데이터는 물론 지식에 관한 효율적인 교환 및 공유를 위해 VIPNET(Virtual Production Enterprise Network)라는 프로젝트를 추진하고 있으며, 최근에는 기술적인 정보 하부 구조 구축에 초점을 맞추어 연구를 진행하고 있

다.[19]

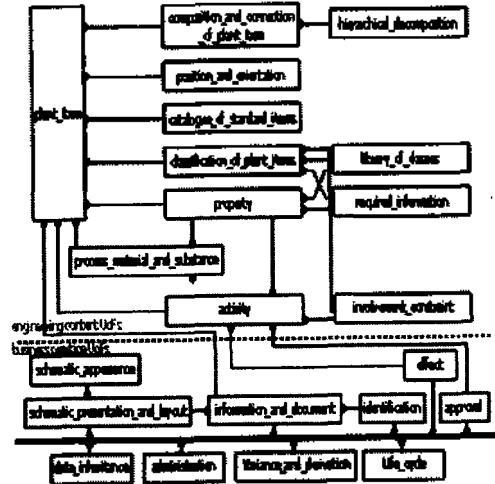
3. 원자력 플랜트에 적용 가능한 응용 프로토콜(AP) 분석

STEP에서 플랜트 분야는 플랜트의 형상 정보뿐만 아니라 설계 정보와 그 외의 플랜트의 전 생애 주기 동안 사용되는 다양한 엔지니어링 정보를 관리하기 위한 제품 모델 규격으로 몇가지의 응용 프로토콜(AP)을 개발하였다. 이러한 제품 데이터 규격을 정의하는 응용 프로토콜에는 대표적으로 AP221, AP227 ed.2, 그리고 AP231이 있다.

3.1 응용 프로토콜(AP)

응용 프로토콜은 STEP에서 특정 산업분야에 대한 제품 데이터 교환을 위한 규격으로 개발 과정을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 특정 산업체의 요구 사항을 분석한다. 이러한 분석은 특정 산업의 요구 사항을 충분히 만족시키는 표준 데이터 규격 개발을 위함이다. 다음으로 분석한 요구사항을 바탕으로 특정 응용 프로토콜 도메인에 대한 입출력 정보 흐름 위주의 응용 활동 모델(AAM, Application Activity Model)을 작성한다. 응용 활동 모델링 단계에서는 특정 응용 프로토콜 범위 내의 모든 활동을 식별하는 것으로써 제품의 전생애주기 동안 발생한 모든 활동 흐름을 기술한다. STEP에서는 이러한 응용 활동 모델을 IDEF0 표기 방법을 이용해 기술하고 있다. 이러한 응용 활동 모델을 이용하여 응용 참조 모델(ARM, Application Reference Model)에서는 그러한 활동 모델에서 필요로 하는 모든 데이터(엔터티와 속성) 사양과 데이터 간의 연관 관계를 추출한다. 즉 산업의 요구 사항과 응

용 활동 모델을 분석하여 응용 객체를 정의하고, 기능 단위로 그룹화된다. 응용 참조 모델은 IDEF1X(Integrated Computer-Aided Manufacturing DEFINition), NIAM(Natural language Information Analysis Method), EXPRESS-G, UML(UNIFIED MODELING LANGUAGE) 등으로 표기할 수 있다. 마지막으로 응용 해석 모델(AIM, Application Interpreted Model)은 응용 참조 모델에서 정의된 각 객체 및 제약 사항을 매핑 테이블을 이용하여 STEP 에서 정의하는 데이터 구조체(Interpreted Resource, Application Interpreted Construct)로 표현한다. 즉 새로운 데이터 모델(EXPRESS Schema)를 생성한다.[5]



<그림 1> AP221의 기능단위(UoF) 및 관계[6]

### 3.2 STEP AP 221

AP221은 플랜트계통정보의 데이터 교환 모델로서 플랜트를 구성하는 기기나 배관을 논리적 항목 또는 물리적 항목의 집합체로 기술한다.[6] P&ID(Piping and Instrument Diagram)와 데이터 시트들에 관한 형상 정보와 배관, 밸브, 배설, 도구 등의 장비에 관한 표준 데이터와 이러한 데이터를 저장하는 데이터 저장소에 대한 개념을 포함하고 있다. <그림 1>은 AP221에서 정의하는 EXPRESS-G로 표현된 기능 단위와 그들 사이의 관계를 보여주고 있다. 또한 <표 1>은 AP 221의 주요 기능 단위에 대한 설명이다.

### 3.3 STEP AP 227

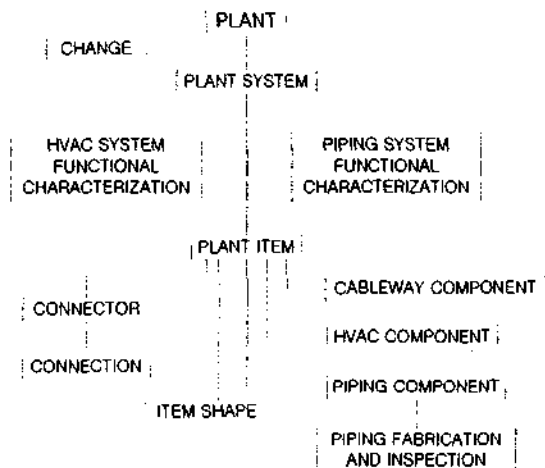
응용 프로토콜 AP227은 플랜트의 공간 구성 정보에 대한 정보 교환을 위한 규격이다.[7] 여기서 공간 정보라 함은 주로 플랜트의 배관 시스템에 대한 형태, 공간 배치 등에 관한 내용이다.

<표 1> AP221의 주요 기능단위(UoF)

기능단위	설명
Activity	프로세스 플랜트에 의해 수행되는 프로세스 활동 혹은 사람이나 조직에 의해 수행되는 설계 활동과 관련된 활동 및 활동 내에 포함되는 내용 정의
Administration	활동과 연관된 사람 및 조직, 그리고 조직에 의해 운영되는 플랜트 아이템에 대한 제어 및 소유권에 관련된 사항 정의
Approval	특정 활동 혹은 특정 클래스로 구성된 활동에 대한 승인상태 정의
Catalogue_of_standard_items	플랜트 아이템과 기호의 참조형태 정의, 참조 플랜트 아이템 및 기호와 그들의 카탈로그에 대한 교환과 공유가능
classification_of_plant_item	프로세스 플랜트 내의 플랜트 아이템에 대한 기능적인 분류와 물리적인 분류 정의
effect	AP221 범위 내에 있는 시작과 종료일, 시간, 장소, 원인과 관련된 모든 사항 정의
plant_item	프로세스 플랜트 내에서 플랜트 운전 시 어떠한 역할을 하는 아이템(레코드), 기능적인 아이템과 물리적인 아이템으로 구분
property	플랜트 아이템, 클래스 등이 가지는 속성과 값 정의
schematic_appearance	형상 표현 요소에 대한 모습 정의
variance_and_derivation	객체와 설계 활동의 순서 기록 간의 관계 정의, 개념적인 혹은 실제적인 프로세스 플랜트 내에서 특정 플랜트 아이템, 참조 혹은 카탈로그 아이템의 관계 정의

AP227 Ed.2 는 AP227 Ed.1 의 업그레이드 버전으로 기존의 AP227 Ed.1 에 플랜트시스템의 엔지니어링, 제작, 점검 및 설치 측면이 추가된 것이다. 구체적으로 배관 제작, 점검 및 설치, HVAC 설계 및 설치, 케이블 구성 설계 및 설치, 선박 배관 정보 등이 있다.

<그림 2>는 AP227 Ed.2 의 데이터 계획 모델로 AP227 Ed.2 에서 다루는 데이터의 영역을 표현하고 있다. 그리고 <표 2>는 AP227 Ed.2 에서 정의된 각각의 기능 단위에 대한 설명이다.



<그림 2> AP227 의 데이터 계획 모델[7]

### 3.4 STEP AP 231

AP231 은 주요 프로세스 장비에 대한 프로세스 설계, 단위 동작, 프로세스 시뮬레이션, 흐름 특성과 설계 요구 사항과 같은 개념적인 설계 교환 정보를 포함하고 있다.[8] 즉 플랜트의 설비에 대한 엔지니어링 및 개념적 설계 정보에 대한 교환 규격을 다루고 있다.

여기서 프로세스 엔지니어링 정보는 플랜트의 전 생애 주기 동안에 걸쳐 생성되거나 사용되는 것으로 장비 데이터 시트 상의

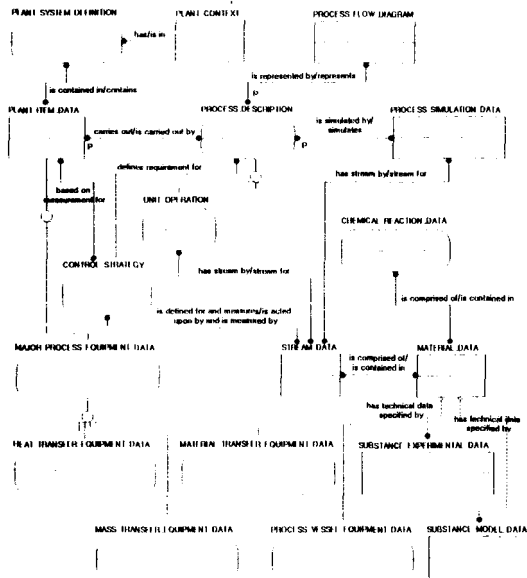
PFD(Process Flow Diagram), P&ID, 장비 및

<표 2> AP227 기능 단위

기능 단위	설명
cableway_component_characterization	케이블 시스템 및 요소들에 대한 물리적인 표현 정의
change_information	Plant 객체, Plant_item 객체, Plant_system 객체, 그리고 플랜트와 연관된 다른 컴포넌트에 대한 수정을 위한 설계 변경 요구 및 승인 정보 정의
Connection	connector 를 가지는 Plant_item 객체 간의 물리적인 결합 및 연결 정의
Connector	다른 Plant_item 과의 연결을 위한 Plant_item 부분 정보
hvac_component_characterization	HVAC 시스템과 요소들에 대한 물리적인 표현 정의
hvac_system_functional_characterization	HVAC 시스템과 요소들에 대한 기능적인 표현 정의
hybrid_shape_representation	B-rep 기하학(geometry)와 토폴로지(topology)를 이용한 Plant_item 형상 표현 정의
piping_component_characterization	플랜트 내의 Piping_system 의 개별 요소에 대한 정의. Piping_component 객체는 pipes, fittings, valves, in-line 장치와 Piping_system 의 유체를 통제, 제어 및 전달하는 요소를 포함함
piping_inspection	Piping_component 객체와 Piping_spool 객체를 위한 점검(검사) 정보와 점검 문서 정의
piping_system_functional_characterization	Piping_system 의 기능적 연결성과 그러한 시스템에서 Piping_item 사이의 기능적 연결성 정의
plant_characterization	플랜트 내에서 특정 기능을 수행하는 식별가능한 Plant_item 객체의 집합 정의
plant_csg_shape_representation	CSG 물 이용한 Plant_item 형상 표현 정의
plant_item_characterization	Plant 객체와 Plant_system 객체를 구성하는 주요 요소에 대한 정의
Shape	컴포넌트, 컴포넌트의 조립과 플랜트의 용적에 대한 외부 형상 정의
site_characterization	플랜트가 위치한 장소에 대한 주요 모습 정의

도구 리스트와 프로세스 명세를 만드는데 사용된다. <그림 3>은 기능 단위에 대한 높은 수준의 표현을 제공하는 데이터 계획

모델을 나타내고 있다. 그리고 <표 3>은 AP231 에서 정의하는 주요 기능 단위에 대한 설명이다.



<그림 3> AP231의 데이터 계획 모델[8]

<표 3> AP231 주요 기능 단위

기능 단위	설명
chemical_reaction_data	스트림(Stream)과 유닛(Unit) 운영 모델(operation model)에서 화학적 균형, 화학 반응을, 화학 역반응 척도 및 제약 사항 정의
control_strategy	플랜트의 운전을 제어하기 위한 하나 혹은 그 이상의 제어 방법 정의
major_process_equipment_data	프로세스 재료(material)에 하나 혹은 그 이상의 동작을 수행하는 Plant_item 정의. 특정 프로세스를 수행하는 장비 아이템 정보와 연관됨
material_data	화학 프로세스 내 혹은 화학 프로세스에 의해 사용되는 스트림 상태와 관련된 물리적인 재료
plant_item_data	프로세스 플랜트의 부분이거나 부분이 될 수 있는 물리적인 객체에 관한 공통 정보 정의
plant_system_definition	플랜트의 운전을 가능하게 하거나 어떠한 서비스 혹은 기능을 제공하거나 수행하는 플랜트의 부분 정의
process_description	프로세스의 기능적인 특징에 관한 표현 정의
process_flow_diagram	PFD 상의 프로세스 엔지니어링 정보와 기호 사이의 관계 정의
process_simulation	단순히 프로세스의 시뮬레이션과

on_data	관계된 프로세스 특징, 성능, 가정 등에 대한 정의
stream_data	특정 시간에 어떠한 경로를 따라 정의된 지점을 통과하는 프로세스 재료, 열 혹은 동작 에너지, 신호 혹은 정보 흐름 정의
substance_experimental_data	실제 측정된 혹은 경험 데이터를 어떠한 식으로 얻은 데이터 정의
substance_model_data	물체의 열역학적, 물리적 특성을 추측하는데 사용되는 수학적 모델 변수와 연관된 데이터 정의
unit_operation	프로세스 스트림 상에서 하나 혹은 그 이상의 정의된 변형을 수행하는 프로세스 기능 정의

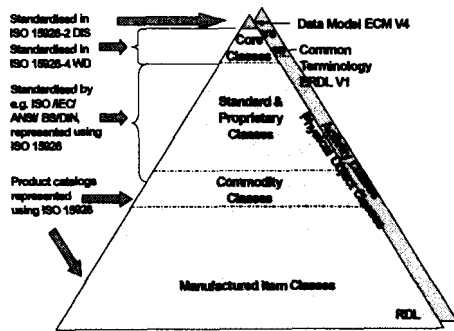
#### 4. ISO 15926 모델 분석

ISO 15926 은 석유 및 가스 생산 플랜트 시설의 생애주기정보를 다루는 국제규격으로써, 주요내용으로는 분산환경 및 데이터 웨어하우스 환경 하에서 시스템개발에 알맞은 개념적 데이터모델 및 참조데이터(RDL, Reference Data Library), 그의 등록, 유지보수 방법 등에 관해서 정의한 규격이다. [9, 10]

ISO 15926 의 주요 목적은 플랜트의 생애주기 동안에 필요한 각종 프로세스 및 업무를 뒤받침 해줄 수 있는 데이터 통합 방법을 제시하는데 있다. 이를 위해서, 플랜트에 관여하는 모든 엔지니어들이 데이터에 대해서 동일한 관점을 유지할 수 있게 해주는 데이터모델을 이 규격에서 제시한다.

플랜트 데이터교환을 위해서는 양측이 동일한 참조데이터를 공유하거나 공통 참조데이터를 사용함으로써 데이터 교환 및 공유가 가능하다. ISO 15926-2 에 명시된 데이터 모델은 데이터 교환은 가능하게 해주지만, 데이터가 갖고 있는 의미를 충분히 전달해 줄 수는 없다. 데이터의 공유나 교환을 지원해줄 수 있는 RDL(Reference Data Library) 은 정보교환 이해당사자 그룹에서 표준화내지는 개발될 수 있으며, <그림 4>은 ISO 15926 에서 정의한 클래스의 구조를 보여주

고 이다. 최상위 부분은 코어 클래스로 가장 일반적인 의미의 클래스이다.



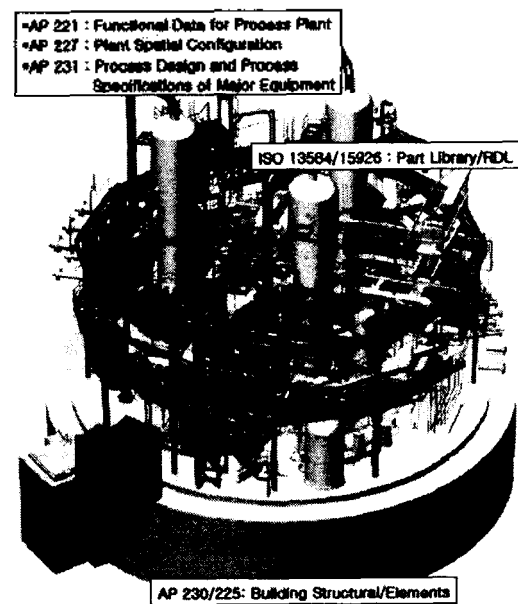
<그림 4> RDL (ISO 15926)구성 참조클래스[10]

## 5. STEP 응용 플랜트 정보 교환 및 공유

원자력발전소에 적용 가능한 STEP AP 는 위에서 제시한 AP 221, AP 227, AP 231 이외에도 토목/건축분야의 AP 225, AP 230, 전기분야의 AP 212 등으로 구성되어 있다. 플랜트 AP 의 가능단위를 살펴보면 AP 231 과 AP221 은 기본설계 업무영역, AP 227, AP 221 은 상세설계 업무영역을 중점 지원함을 알 수 있다. 또한 통합된 시스템을 고려하면 각각의 AP 들간에 공통적으로 적용되는 가능단위가 존재함을 알 수 있다. 예를 들면, AP 의 업무영역은 다르지만 제품모델 관리를 위한 가능단위(Approval status, change 등) 및 플랜트 공통 가능단위(plant, plant system, plant item, stream, equipment 등) 등을 AP 221, AP 227 및 AP 231 에서 공통적으로 정의하고 있다. 이와 더불어 건축/토목 전용 AP 225 및 AP 230 은 플랜트 업무환경에 적합하도록 개발될 필요도 있을 것이다. ISO

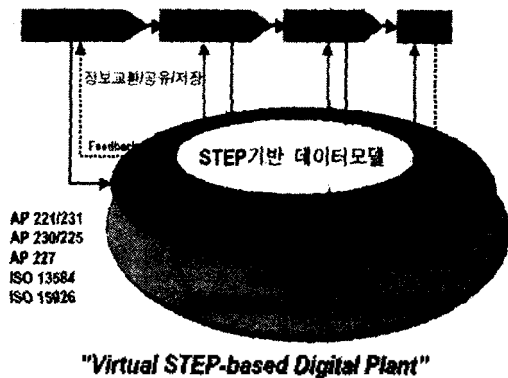
10303, ISO 15926 이외에도 ISO 13584(Parts Library) 이 있다. ISO 13584 는 제작자 및 부품공급자의 부품 카탈로그정보를 규정하고 있는데, 이 규격은 부품 카탈로그의 교환 및 표준화된 부품 검색방법을 제공하고 있다. 따라서, ISO 15926-2 에 정의된 데이터 모델을 사용한 정보표현을 달리 할 수 있는 방법을 제공하고 있다. 그러나, ISO 13584 에서는 플랜트의 모든 정보를 지원하지는 않는다.

플랜트 STEP AP 221 은 주로 데이터 교환에 관한 프로토콜을 규정한 반면에, ISO 15926 은 정보공유를 목적으로 플랜트 데이터 웨어하우스와 같은 데이터 통합을 다루고 있다. AP 221 과 ISO 15926 은 ECM(EPISTLE Core Model)이라고 부르는 데이터 모델을 공통적으로 사용하고 있다. 두개의 표준은 공히 ERDL(EPISTLE Reference Data Library)을 사용하고 있으며 표준클래스를 사용하고 있다.



<그림 5>한국형표준원전의 원자 CAD 모델

<그림 5>에서는 한국형 표준원전(KSNP)의 원자로건물 내부의 주요기기 및 배관, 콘크리트 하부모습 및 적용 가능한 STEP 응용 프로토콜을 보여주고 있다.



<그림 6> 목표시스템 개념도

그리고 <그림 6>은 플랜트의 전 생애주기 동안 플랜트에 관한 모든 정보를 관리하기 위한 정보 시스템의 구조를 나타내고 있다. 다양한 플랜트 관련 AP 가 적용된 이러한 정보 시스템을 이용하여 가상의 STEP 기반 디지털 플랜트를 구현할 수 있다.

## 6. 결론 및 향후 연구방향

원자력 플랜트의 설계 및 시공, O&M 등의 응용 문제들을 해결하기 위해서는, 데이터의 호환성 기술과 제품 정보의 연속성유지를 위해서 플랜트의 제품모델 개발 및 표준화기반의 응용시스템개발이 가장 중요한 핵심기술이다. 구체적으로는 국내의 플랜트 제품모델에 대한 연구가 거의 이루어지지 않은 면을 감안하여, 국제표준화기구(ISO)를 중심으로 개발되고 있는 STEP (ISO 10303 및 13584, 15926) 방법론을 기반으로, 플랜트의 형상정보를 포함한 설계정보와

O&M 정보를 표현하는 정보들의 구성요소 및 그 데이터 구조를 개발하는 것이 필요하다. 기존 플랜트의 데이터(Legacy Data)의 재사용성(Re-Use)을 증가시키고 원자력 플랜트의 전 생애 주기에 걸친 데이터를 효율적으로 공유 및 관리하기 위해서는 모든 플랜트 정보를 STEP 기반의 표준으로 규격화시킴과 동시에 다양한 응용 프로그램에서 사용할 수 있도록 Data Mapping 응용프로그램의 개발이 요구되며, XML 및 자바기반의 유연한 형태의 독립적인 시스템 설계 및 구현이 필요하다.

## 후기

본 연구는 산업자원부의 2003 년도 전력 산업 기술기반 조성사업의 지원으로 수행된 결과임을 알려드립니다.

## 참고문헌

- [1] 전자상거래 표준화 통합포럼 규격, "석유가스와 플랜트분야의 제품모델규격 적용 지침", 2003
- [2] 서미란, 김인한, "STEP AP225 와 AP227 을 이용한 건설관련 공통 Module 개발", 한국 CAD/CAM 학술발표회 논문집, 2003
- [3] 김용대 외, "STEP 기반의 선박설계정보 통합처리체계 개발," 선박해양연구소, 1999
- [4] Alain Zarli, Virginie Amar "Integrating STEP and CORBA for Applications Interoperability in the Future Virtual Enterprises Computer-based Infrastructures", 1997



- [5] D. Schenk & P. Wilson, "Information Modeling the EXPRESS Way", Oxford University Press, 1994
- [6] ISO 10303-221: Application protocol: Functional data and their schematic representation for process plant.
- [7] ISO 10303-227: Application protocol: Plant spatial configuration.
- [8] ISO 10303-231: Application protocol: Process engineering data: Process design and process specifications of major equipment.
- [9] ISO 15926-1: provides an overview of ISO 15926.
- [10] ISO 15926-2: specifies a generic, conceptual data model that supports representation of all life-cycle aspects of a process plant.
- [11] ISO TC184 SC4 <http://www.nist.gov/sc4>
- [12] J. Fowler, "STEP for Data Management, Exchange and Sharing", Technology Appraisals, 1995
- [13] J. Owen, "STEP - An introduction", 2.edition, Information Geometers Ltd., 1997
- [14] Junhwan Kim, Soonhung Han, "Encapsulation of geometric functions for ship structural CAD using a STEP database as native storage", Computer-Aided Design, 2003
- [15] K. Al-Timimi & J. MacKrell, "STEP: Towards Open Systems", CIMdata, 1996
- [16] Omar Lopez-Ortega, "A Java application based on an EXPRESS model for sharing flexible manufacturing resources data", 2001
- [17] "Process Engineering 특별 연구회 Process STEP 전문 위원회 활동 보고서 (1996-1998)", 도쿄 공업대학 프린티어 창조 공동 센터, 1999 년 5 월
- [18] Sharon Kemmerer, "STEP: The Grand Experience," 1999
- [19] T. Yoon, Y. Oota, Y. Naka, T. Yoshinaga, K. Shibao, M. Igoshi, K. Matsushima, T. Suzuki, " Knowledge Fusion among the Virtual Production Enterprises within the Technology Information Infrastructure Enviroment", 2003
- [20] Yangping(Paul) Zhang, Chun (Chuck) Zhang, H.P. (Ben) Wang, "An Internet based STEP data exchange framework for virtual enterprises", Computers in Industry, 2000
- [21] Yoshinaga, T, Kawamura, K, Oota, Y. "플랜트 CASL/STEP 실증실험" 보고서, 1998 년 7 월