

ISO 15926 국제 표준을 이용한 원자력 플랜트 기자재 분류체계

윤진현*, 문두환**, 한순홍***, 조광종****

Development of the ISO 15926-based Classification Structure for Nuclear Plant Equipment

Yun, J.*, Mun, D.**, Han, S.*** and Cho, K.****

ABSTRACT

In order to construct a data warehouse of process plant equipment, a classification structure should be defined first, identifying not only the equipment categories but also attributes of an each equipment to represent the specifications of equipment. ISO 15926 Process Plants is an international standard dealing with the life-cycle data of process plant facilities. From the viewpoints of defining classification structure, Part 2 data model and Reference Data Library (RDL) of ISO 15926 are seen to respectively provide standard syntactic structure and semantic vocabulary, facilitating the exchange and sharing of plant equipment's life-cycle data. Therefore, the equipment data warehouse with an ISO 15926-based classification structure has the advantage of easy integration among different engineering systems. This paper introduces ISO 15926 and then discusses how to define a classification structure with ISO 15926 Part 2 data model and RDL. Finally, we describe the development result of an ISO 15926-based classification structure for a variety of equipment consisting in the reactor coolant system (RCS) of APR 1400 nuclear plant.

Keywords: Classification structure, ISO 15926, Nuclear plant, RDL

1. 서 론

컴퓨터와 인터넷, 디지털 정보기술의 발달에 따라, 플랜트 기자재 데이터의 공유 및 호환성 증대를 위해서, 플랜트 기자재 데이터 웨어하우스를 구축한 후 전자 카탈로그 시스템을 이용하여 기자재 사양 정보를 제공하고 있다. 전자 카탈로그 시스템에서 기자재의 검색은 미리 정해진 분류체계에 의해서 이루어지고, 주로 데이터 사전을 이용하는 방식을 사용한다. 데이터 사전은 분류 트리 형태로 표현되는 부품 카테고리 및 카테고리들 간의 계층구조 정보뿐만 아니라, 각 카테고리를 정의/설명하기 위한 시멘틱 정보, 해당 카테고리에 속한 부품의 특징을 기술하는 속성과 속성 자체를 정의/설명하기 위한 시멘틱 정보를 포함한다^[1].

따라서 프로세스 플랜트 기자재 데이터 웨어하우스 개발을 위해서는 먼저 기자재를 식별하기 위한 체계(분류체계)와 데이터 모델(데이터베이스 스키마)의 정의가 필요하다.

기자재 정보는 프로세스 플랜트의 전 생애 주기 동안에 사용된다. 프로세스 설계 단계에서는 기자재에 대한 사양이 결정되고, 상세 설계 단계에서는 전 단계에서 정의된 사양을 만족하는 기자재에 선택 및 승인을 한다. 건설 단계에서는 기자재 설치를 하고, 운용 및 유지보수 단계에서는 기자재 전체나 구성 부품에 대한 교환 및 재고를 관리하게 된다. 이와 같은 프로세스 플랜트의 기자재 사양 데이터에 대한 관리가 제대로 이루어 지지 않으면, 기자재 정보 식별의 부정확성, 기자재 정보 전달에 대한 오류, 기자재 정보의 중복 등의 문제가 발생된다^[2,3]. 따라서 제품 전 생애 주기 동안의 기자재 사양 정보 명세를 위한 분류체계의 정의가 중요하고, 여러 시스템 사이에서의 기자재 정보 통합 문제를 고려하면, 분류체계를 표준화된 모델과 방법에 따라 정의하는 것이 바람직하다.

플랜트 분야에 여러 국제적인 컨소시엄들로는, 국

*교신저자, 대우일렉트로닉스

**중신회원, 한국해양연구원

***중신회원, 한국과학기술원

****한국과학기술정보연구원

- 논문투고일: 2006. 03. 27

- 심사완료일: 2007. 05. 08

제적인 우산 역할을 하는 PIEBASE를 중심으로, 미국의 PlantSTEP, Platech, 유럽의 PISTEP, USPI-NL, POSC/CAESER 등이 있다. 유럽의 컨소시엄들의 경우 석유 가스 분야의 기업들로부터 자금을 지원 받아 활발한 연구개발과 표준화 활동을 보여주고 있고, 특히 EPISTLE 모델, ISO 15926 표준 개발에 주도적으로 참여하고 있다.

프로세스 플랜트의 생애 주기 데이터 표현을 위한 표준화 활동에 대해서 살펴보면 다음과 같다. 국제표준화기구인 ISO의 TC184 Industrial Automation technical committee 산하의 SC 4 Industrial Data sub-committee에 속한 WG 3 Product Data working group 아래 T25 oil, gas, process and power team에서는 프로세스 플랜트 생애주기 동안의 데이터 표현을 위한 정보 모델 표준을 제정해 오고 있다. T25에서는 ISO 10303 STEP 표준의 응용 프로토콜(application protocol) AP221, AP227^{6,7)}과 ISO 15926 Process Plants⁸⁻¹⁰⁾와 같은 표준들이 제정되고 있다. ISO 15926 파트 2 데이터 모델은 EPISTLE 코어 모델(Core Model)의 표준화 버전이고, ISO 15926 파트 4는 EPISTLE 참조 데이터 라이브러리(Reference Data Library)의 표준화 버전이다¹¹⁾. EPISTLE 코어 모델 V4는 STEP AP221의 DIS(Draft International Standard) 버전의 응용 참조 모델(Application Reference Model) 개발의 기초가 되었다. STEP 표준이 제품 생애 주기 동안의 데이터 변화를 표현할 수 없는 구조로 되어 있기 때문에, ISO 15926 파트 2와는 달리 STEP AP221은 프로세스 플랜트의 시간에 따른 요구사항, 설계, 물리 객체의 변화를 고려하지 않는다¹²⁾.

ISO 15926 표준은 유럽에서 국방 무기체계 전생애 주기 동안의 지원¹³⁾이나 상업용 플랜트 기자재 데이터 라이브러리 구축¹⁴⁾을 위한 자원으로 적용되고 있고, 플랜트 설계를 위한 상용 소프트웨어(Interglyph SmartPlant Foundation, Bentley eWarehouse, Aveva VNET Digital Plant)에서 지원된다.

ISO 15925 Process Plants, ISO 10303 STEP 표준기술을 원자력 플랜트에 적용하는 연구를 한 것은 일본이다. 일본은 PlantCALS 과제를 시작으로 PlantEC 과제를 수행하였고, 현재는 국제 TMS(intelligent manufacturing system) 연구개발 프로그램의 일부분으로 VIPNET(Virtual Production Enterprise Network)을 수행 중에 있다^{15,16)}. 일본의 플랜트 과제를 통해 개발된 GPM(generic product model)이라는 데이터 모델은 ISO 10303의 플랜트 관련 응용프로토

콜이나 ISO 15926보다 원자력 플랜트에 특화된 모델이다. 국내에서는 GPM 데이터 모델의 특징을 활용하여 원자력 발전소의 생애 주기 동안의 데이터 관리를 위한 연구가 수행되어, 가압수형 원자로에 특화된 중립 데이터 모델 및 그 응용 시스템이 개발되었다¹⁷⁾.

본 논문에서는 이와 같은 여러 중립 데이터 모델 중, ISO 15926 파트 2와 파트 4를 이용하여 분류체계를 정의하는 방법과 가압수형 원전의 원자력 냉각재 계통(reactor coolant system)과 화학적 제어계통(chemical volume control system)을 구성하는 기자재에 대해서 적용한 결과에 대해서 설명한다. 분류체계 개발 시, 석유 및 가스 생산 시설을 포함한 모든 프로세스 플랜트 시설의 생애주기 정보를 다루는 국제 표준인 ISO 15926를 활용하게 되면, 표준 데이터 웨어하우스 구축이 가능해져, 서로 다른 엔지니어링 시스템 사이의 기자재 데이터 교환 및 공유가 용이한 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 본 논문에서 분류체계 정의를 위한 자원으로 사용한 ISO 15926에 대해서 소개하고, 제 3절에서는 ISO 15926 파트 2와 RDL을 이용한 분류체계 정의 방법에 대해서 설명한다. 제 4절에서는 원자력 플랜트 기자재에 대해서 적용한 결과에 대해서 논의한 후, 제 5절에서 결론 및 향후 과제에 대해서 정리한다.

2. 플랜트 기자재 분류체계 정의를 위한 자원 - ISO 15926 파트 2와 RDL

2.1 ISO 15926의 정보 모델 구조

ISO 15926의 정보 모델 구조는 Fig. 1과 같이 ISO 15926 파트 2 데이터 모델과 ISO 15926 RDL(Reference Data Library)로 구성된다. ISO 15926 파트 2(Fig. 1(a))는 정보의 통합을 가능하게 하고, 안정적이면서 유연성 있는 프로세스 플랜트 데이터 표현을 위한 개념 데이터 모델을 제공한다. ISO 15926 파트 2의 데이터 모델에 따라 표현되는 데이터 모델은 개별 프로세스 플랜트의 데이터(Fig. 1(c))와 오일 및 가스 설비를 포함한 프로세스 플랜트에 공통적인 정보를 표현하는 참조 데이터(Fig. 1(b))로 구분할 수 있다¹⁸⁾. ISO 15926의 파트 2 데이터 모델과 RDL을 언어 측면에서 살펴보면 정보 표현을 위한 표준적인 문법과 어휘를 각각 제공하는 것으로 볼 수 있다. 결국, 개별 프로세스 플랜트 데이터는 ISO 15926의 파트 2 데이터 모델의 구조에 따라 ISO 15926 RDL의 참조 클래스 및 개체 데이터를 활용하여 표현된다.

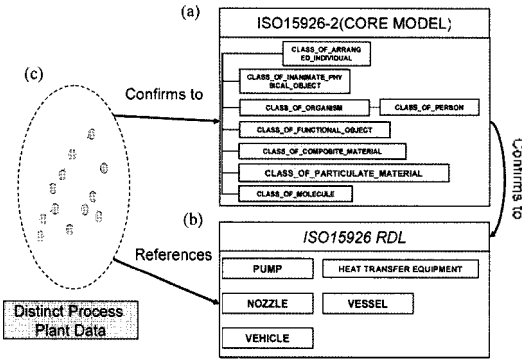


Fig. 1. ISO 15926의 정보 모델 구조.

2.2 ISO 15926 파트 2 데이터 모델과 RDL

ISO 15926 파트 2는 201개의 엔티티로 구성된 lifecycle integration schema라고 불리는 매우 일반적인 통합 모델을 제공한다. ISO 15926 파트 2 데이터 모델은 Fig. 2과 같이 thing이라고 불리는 최상위 엔티티를 가진 보편적인 슈퍼 타입/서브 타입 구조를 가진다.

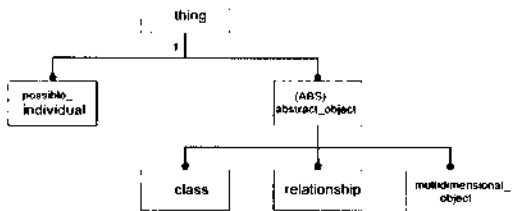


Fig. 2. ISO 15926 파트 2 데이터 모델의 최상위 구조.

ISO 15926 파트 2 데이터 보편은 개별 프로세스 플랜트 데이터 교환 구조를 제공하지만, 명확한 정보 공유를 위해 필요한 플랜트 데이터에 대한 충분한 의미 정보를 제공하지는 않는다. ISO 15926 RDL은 다양한 프로세스 플랜트 데이터 집합 내에서 일관된 의미를 제공하여 명확한 정보의 공유를 가능하게 하기 위하여, ISO 15926 파트 2 데이터 모델을 논리적으로 확장시킨 것이다. 그러나 lifecycle integration schema를 구성하는 엔티티들의 서브 타입을 추가하는 방식으로 ISO 15926 파트 2 데이터 모델을 확장한 것이 아니라, ISO 15926 파트 2 데이터 모델의 인스턴스 형태로 참조 데이터를 만들어 확장한 결과가 ISO 15926 파트 4이다. 따라서 ISO 15926의 활용은 공유되는 참조 데이터에 종속적이게 된다. 개별 프로세스 플랜트에 대한 데이터는 송신자와 수신자가 모두 동일한 참조 데이터를 사용할 때만 정확한 데이터

의 공유 및 교환이 가능하다. 그러므로 참조 데이터는 데이터 교환/공유 시 명확한 의사소통을 가능하기 위해서 충분한 의미 데이터 집합을 가지고 있어야 한다.

ISO 15926 RDL은 참조 계층 데이터와 참조 클래스 데이터로 나뉜다. 참조 클래스 데이터는 Fig. 3과 같이 계층 구조를 갖는다. 삼각형 상의 클래스의 위치는 정의의 상세화 정도를 나타내는데, 삼각형 상단의 클래스들은 일반적인 의미를 갖는 반면에, 하단의 클래스들은 좀 더 구체적인 의미를 갖는다. 즉, 삼각형의 하단에 위치한 클래스들은 상부의 클래스들과 전문화(specialization) 관계이다. ISO 15926 파트 4 IRDL(Initial Reference Data Library)이 Fig. 3의 Core classes에 해당되고, 이를 바탕으로 산업별 표준화 조직, 산업별 De-facto 표준에 대한 참조 데이터가 정의되고 마지막으로 개별 제조 업체의 참조 데이터가 구축된다.

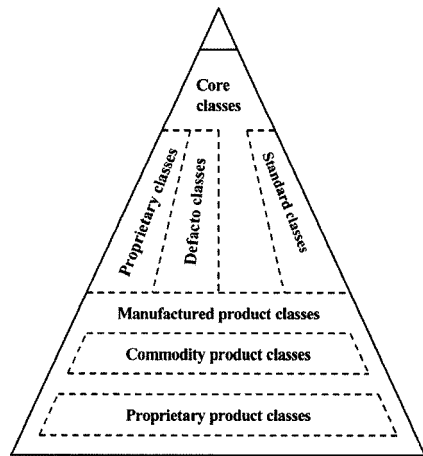


Fig. 3. ISO 15926 RDL의 계층 구조¹⁾.

ISO 15926 RDL은 현재 Microsoft 엑셀 시트 형태로 배포되고 있고, 개별 참조 데이터는 다음과 항목으로 정의된다.

- object_name: 클래스의 이름
- root class: 최상위 클래스 이름
- superclass_names_1: object_name 컬럼에 기재된 클래스의 슈퍼 클래스 이름
- superclass_names_2~superclass_names_5: 추가적인 슈퍼 클래스의 이름들(현재 버전에서 클래스의 최대 슈퍼 클래스 개수는 5개임. 따라서 향후에 필요할 경우 추가 컬럼이 필요할 수 있음.)
- formal_definition: object_name 컬럼에 기재된 클래스의 정의

- **entity_type_name**: object_name 컬럼에 기재된 클래스에 대응되는 EXPRESS 스키마의 엔티티 이름
- **schema_name**: entity_type_name 컬럼에 기재된 엔티티를 포함하는 스키마
- **first_role, first_related_class_name, first_cardinality, second_role, second_related_class_name, second_cardinality**: 관계를 표현하는 클래스를 위해 사용하는 속성들이다. 이 클래스들은 *class_of_relationship*의 인스턴스이다.

RDL의 향후 버전에서는, 엑셀 시트가 ISO 15926 파트 데이터 모델을 따르는 OWL 온톨로지와 물리 파일로 대체될 예정이다^[3].

2.3 ISO 13584 PLIB 및 일본 GPM과의 비교

여러 부품 라이브러리가 공통된 분류체계에 의해 구축되었다면, 즉 동일한 구조로 정보를 관리한다면 쉽게 통합 또는 연계될 수 있다^[19]. 그런데 분류체계가 서로 독립적으로 개발되며 분류체계 개발 방식을 제어하는 단일한 표준을 제정하고 적용하기 힘들기 때문에, 비슷한 정보를 담고 있는 정보 소스에 대한 분류체계가 서로 다른 방식으로 명세될 수가 있다^[20]. 이러한 차이가 분류체계의 불일치를 유발하고, 독립적으로 개발된 분류체계들을 통합하고 상호 운용하는데 장애가 된다. 이와 같은 통합을 위해서는 동일한 표현 구조뿐만 아니라, 동일한 의미 집합이 제공되거나 혹은 의미적 일치성을 추론할 수 있는 자원이 제공되어야 한다.

서로 다른 분류체계 간의 통합 관점에서 플랜트 분야에 적용 가능한 모델인 ISO 15926 Process Plants, 13584 PLIB, GPM을 비교한 그림이 Fig. 4이다.

ISO 13584 PLIB^[21]은 분류체계 정의를 위한 정보 모델뿐만 아니라 산업별 분류체계를 표준으로 정하여

분류체계를 통합하는 방식을 사용한다. ISO 13584 PLIB의 경우, 파트 42^[22]에서 데이터 사전을 작성하는데 필요한 정보모델과 설계원칙을 제공하고, 각 산업 및 부품 분야별로 PLIB 파트 42의 정보모델을 기반으로 작성된 데이터 사전들이 500번 대 파트들에서 제공된다.

반면에, ISO 15926과 일본의 GPM은 정보 모델(ISO 15926의 파트 데이터 모델, GPM의 코어 모델) 외에 공통 의미 집합에 해당되는 참조 데이터 라이브러리(ISO 15926의 RDL, GPM의 참조 관계/클래스 라이브러리)를 정의한 후, 이를 바탕으로 분류체계를 정의하여 서로 다른 분류체계들을 통합하는 방법을 사용한다. GPM은 ISO 15926과 비교하여 확장성을 극대화한 모델이라 볼 수 있다. ISO 15926 파트 2 데이터 모델에 해당되는 GPM 코어 모델은 주어+동사+목적어 형태의 자연어 기술에 필요한 최소한의 엔티티들로만 구성되고, 그 외에 모든 자원은 참조 관계/클래스 라이브러리에서 제공되어 사용자에 의한 확장이 가능하다^[23].

이에 따라 ISO 15926과 GPM은 사용자의 분류체계 정의에 있어 ISO 13584에 비해 유연한 구조를 지니고 있다. 즉, 상위 온톨로지^[24]에 해당되는 정보 모델과 참조 데이터 라이브러리를 바탕으로 분류체계 정의함으로써 통합을 위해 필요한 요구조건인 의미적 일관성 및 동일성을 유지하고, 참조 데이터 라이브러리의 확장을 통하여 사용자의 요구사항을 반영할 수 있도록 함으로써 유연성을 얻게 된다. 반면에, ISO 13584의 경우 새로운 사용자 요구사항을 반영한 분류체계를 정의하기 위해서는 정보 모델이나 산업별 분류체계를 정의한 500번 대에 신규 파트를 추가하거나 기존 파트를 수정해야 하기 때문에 많은 어려움이 있다.

3. ISO 15926 국제 표준을 이용한 분류체계의 정의 절차 및 방법

데이터 사전 기반의 분류체계는 개별 기자재의 식별 정보(기자재 클래스), 기자재들의 계층 구조(분류트리), 기자재 속성들의 집합(속성 클래스), 기자재 클래스 별 속성 클래스 정의 정보가 필요하다. 분류체계 정의 관점에서 ISO 15926 국제 표준을 적용하는 방법은 크게, 1) 기자재 클래스와 속성 클래스 정의, 분류트리 구성 시 ISO 15926 RDL을 참조, 2) 분류체계 및 기자재 사양 정보를 ISO 15926 파트 2 데이터 모델을 이용하여 표현하는 것이다^[25,26].

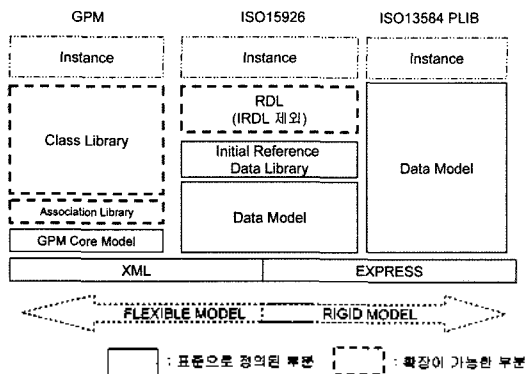


Fig. 4. ISO 13584 및 GPM과의 비교.

ISO 15926 RDL은 오일 및 가스 설비를 포함한 프로세스 플랜트의 공통 정보를 표현하는 자원이고, 여기에는 여러 기자재 및 그 분류, 생애주기 동안의 기자재의 특성 상태를 나타내기 위한 사양 등이 정의되어 있다. 따라서 플랜트 분야의 분류체계 정의 시 ISO 15926 RDL에서 제공하는 자원을 기반으로 하게 되면, 분류체계 정의를 위해 필요한 노력을 절감할 수 있고, 다른 분류체계와의 호환성이 높아진다. 예를 들어, *Safety Injection Tank*란 기자재를 분류트리에 추가할 경우, Fig. 5와 같이 ISO 15926 RDL에는 이 기자재의 상위 노드에 해당되는 *Tank*가 존재하기 때문에, ISO 15926 RDL의 기존 분류 구조에 *Safety Injection Tank*를 추가하면 된다.

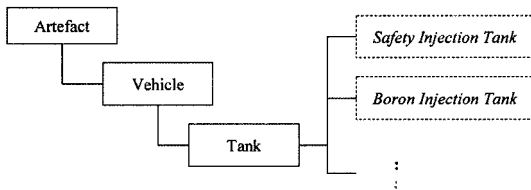


Fig. 5. ISO 15926 RDL을 이용한 분류트리의 구성.

ISO 15926 파트 2를 이용하여 이와 같은 분류체계 및 사양 데이터를 표현하기 위한 구조가 Fig. 6에 정리되어 있다. 이를 위해서는 먼저 *classification*, *class_of_identification* 엔티티 데이터 타입을 이용하여, 분류체계의 기자재 클래스 및 속성 클래스에 대응되는 ISO 15926 파트 2 데이터 모델의 엔티티 데이터 타입을 선언한다. 기자재 클래스와 기자재 속성 별로 대응되는 엔티티 데이터 타입은 ISO 15926 RDL의 *entity_data_type* 컬럼에 기재되어 있다. *pipe* 기자재 클래스는 Fig. 6에서와 같이 ISO 15926 파트 2 데이터 모델의 *class_of_inanimate_physical_object* 엔티티 데이터 타입의 인스턴스로 표현되고, 다음은 *pipe* 클래스에 대한 STEP 파트 21 포맷의 물리 파일의 예이다.

```

#11369580= LANGUAGE(?24/9/2001
19:31:47;#822237;#11369580);
#999900005= CLASS_OF_CLASS_OF_IDENTIFICATION
(2002-01-31;#MIG2;#999900005;$.$.);
#327239= CLASS_OF_INANIMATE_PHYSICAL_OBJECT
(?327239;$.#999900500;#999900600;$.$.);
#999880033= EXPRESS_STRING
(?999880033;$.#999900500;#999900600;$.$.;'pipe');
#999880032= CLASSIFICATION
(?999880032;$.#999900500;#999900600;
$.$.#999880033;#11369580);
#999880031= CLASS_OF_IDENTIFICATION (?999880031;$.
#999900500;#999900600;$.$.$.#999880033;#327239);
#999880030= CLASSIFICATION
(?999880030;$.#999900500;#999900600;
$.$.#999880031;#999900005);
    
```

그리고 기자재 클래스 사이의 계층 정보 표현을 위해서는 *specialization* 엔티티 데이터 타입을 사용한다. *flanged pipe*는 *pipe*의 자식 노드이고, Fig. 6에서와 같이 *specialization* 엔티티 데이터 타입을 이용하여 부모-자식 관계가 표현된다. 다음은 *flanged pipe* 클래스를 정의한 후, *pipe*와 *flanged pipe*의 계층 관계를 표현한 STEP 파트 21 포맷의 물리 파일의 예이다.

```

#814094=
CLASS_OF_INANIMATE_PHYSICAL_OBJECT(?814094;
$.#999900500;#999900600;$.$.);
#999840881=
EXPRESS_STRING(?999840881;$.#999900500;#999900600;
$.$.;'flanged pipe');
#999840880=
CLASSIFICATION(?999840880;$.#999900500;#999900600;
0;$.$.#999840881;#11369580);
#999840879= CLASS_OF_IDENTIFICATION (?999840879; $.
#999900500; #999900600; $.$.$. #999840881;
#814094);
#16146043= SPECIALIZATION (?16146043; $. #999900500;
#999900600;$.$.#814094.#327239);
    
```

기자재 클래스와 기자재 속성과의 연계는 *class_of_indirect_property* 엔티티 데이터 타입을 이용하여 표현한다. *pipe* 기자재 클래스는 Fig. 6에서와 같이 *range*라는 속성 클래스를 가지고, *class_of_indirect_property* 엔티티 데이터 타입을 이용하여 클래스-속성 관계가 정의된다. 속성 클래스와 단위의 연계는 *scale* 엔티티 데이터 타입을 이용한다. 다음은 *range* 속성 클래스를 정의한 후, *pipe*의 속성으로 선언한 STEP 파트 21 포맷의 물리 파일의 예이다.

```

#359054=
PROPERTY_RANGE(?359054;$.#999900500;#999900600;
0;$.$.);
#999677629=
EXPRESS_STRING(?999677629;$.#999900500;#999900600;
$.$.;'range');
#999677628=
CLASSIFICATION(?999677628;$.#999900500;#999900600;
0;$.$.#999677629;#11369580);
#999677627= CLASS_OF_IDENTIFICATION (?999677627; $.
#999900500; #999900600; $.$.$. #999677629;
#359054);
#999677626=
CLASSIFICATION(?999677626;$.#999900500;#999900600;
0;$.$.#999677627;#999900005);
#7496534= CLASS_OF_INDIRECT_PROPERTY (?7496534; $.
#999900500; #999900600; $.$. #999900700; #999900700;
#327239; #359054);
    
```

분류체계 정보를 ISO 15926 파트 2 데이터 모델의 인스턴스로 표현한 후, 정의된 분류체계에 따른 기자재 사양 정보를 표현한다. 기자재는 *possible_individual* 엔티티 타입의 인스턴스로 표현하고, 속성

은 *property* 엔티티 데이터 타입의 인스턴스로 표현한 후, 기자재와 속성의 연계를 위해서는 *indirect property* 엔티티 데이터 타입을 사용한다.

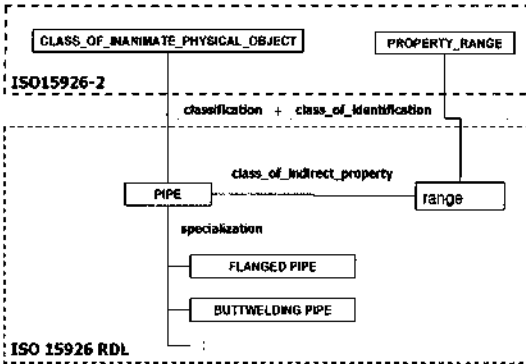


Fig. 6. 기자재/속성 클래스와 분류트리의 정의.

4. ISO 15926 기반의 원자력 플랜트 기자재 분류체계의 개발

4.1 분류체계 작성 범위

본 구현의 범위는 한국형 차세대 원자력 플랜트 APR 1400의 주요 시스템인 원자로 냉각재 계통의 주요 기자재를 대상으로 정하였다. 원자로 냉각재 계통의 3차원 형상이 Fig. 7에 나타나 있고, 이 계통의 주요 기자재는 냉각 펌프(coolant pump), 원자로 용기(reactor vessel), 증기 발생기(steam generator)와 가압기(pressurizer) 등이다. 원자로 냉각재 계통에서, 원자로에서 발생된 고온 고압의 기체를 가압기를 이용하여 액체로 냉각한 후, 증기 발생기로 전달하고, 증기 발생기는 고압으로 압축된 액체를 다시 기체로 분출하여 원자력 플랜트의 터빈이 가동된다.

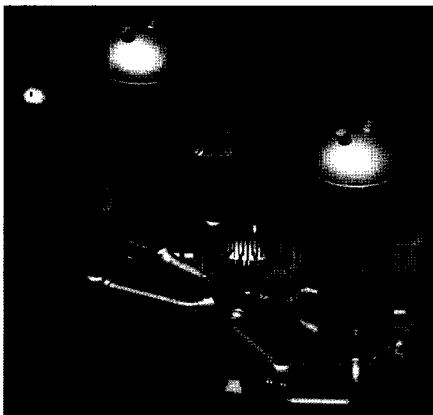


Fig. 7. KOPEC APR 1400의 냉각재 제어 계통.

4.2 분류체계 정의 지원 도구의 개발

ISO 15926 RDL을 활용한 분류체계 정의 작업을 용이하게 하기 위한 지원 도구를 개발하였다. 개발된 도구의 GUI(graphic user interface)는 Fig. 8과 같다. 개발 도구의 왼쪽과 오른쪽 화면에는 ISO 15926 파트 4에 정의된 기자재와 속성 클래스가 각각 나타나 있고, 중앙부의 화면을 이용하여 기자재/속성 클래스의 확장, 기자재 별 속성 정의 작업을 수행한다. 분류체계 정의를 위해 필요한 ISO 15926 RDL 데이터는 STEP 파트 21 포맷의 물리 파일을 이용하여 개발된 도구로 로딩한다. 로딩된 ISO 15926 RDL에 원자력 발전소 기자재를 위한 분류체계를 확장하여 정의한 후, 다시 STEP 파트 21 포맷의 물리 파일로 출력한다. EDM(EXPRESS Data Manager)과 같은 EXPRESS 언어를 지원하는 객체 지향 데이터베이스에서 ISO 15926 파트 2의 데이터 모델을 읽어서 데이터베이스 스키마를 정의한 후, 분류체계 정의의 지원 도구로부터 출력된 STEP 물리 파일을 읽게 되면, ISO 15926 기반의 기자재 데이터 웨어하우스를 위한 정보 저장 구조가 완성된다.

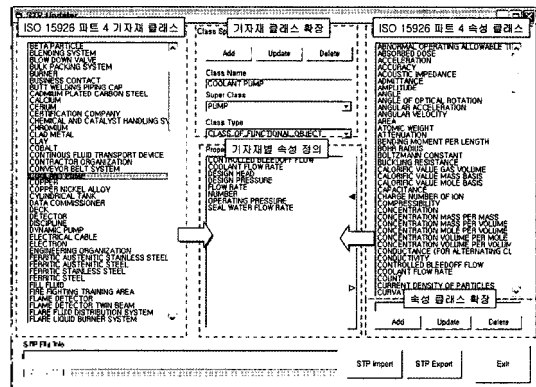


Fig. 8. 분류체계 정의 지원 도구.

4.3 분류체계의 작성 결과

3절에서 설명한 ISO 15926 RDL 기반의 분류체계 정의 방법에 따라 KOPEC APR 1400의 원자로 냉각재 계통을 구성하는 주요 기자재에 대한 분류체계를 작성하였다. 분류체계 정의 시 한국수력원자력의 APR1400 설계특성자료집^[27]을 참조하여 45개의 기자재 목록과 300개의 속성 목록을 식별하였다. 기자재 및 속성을 식별한 후, ISO 15926 RDL의 분류 구조를 참조하여 원자력 플랜트 기자재의 종류 및 속성을 반영할 수 있도록 ISO 15926 RDL을 확장하였다^[28]. 분류체계의 기자재 클래스 및 분류트리를 구성한 예

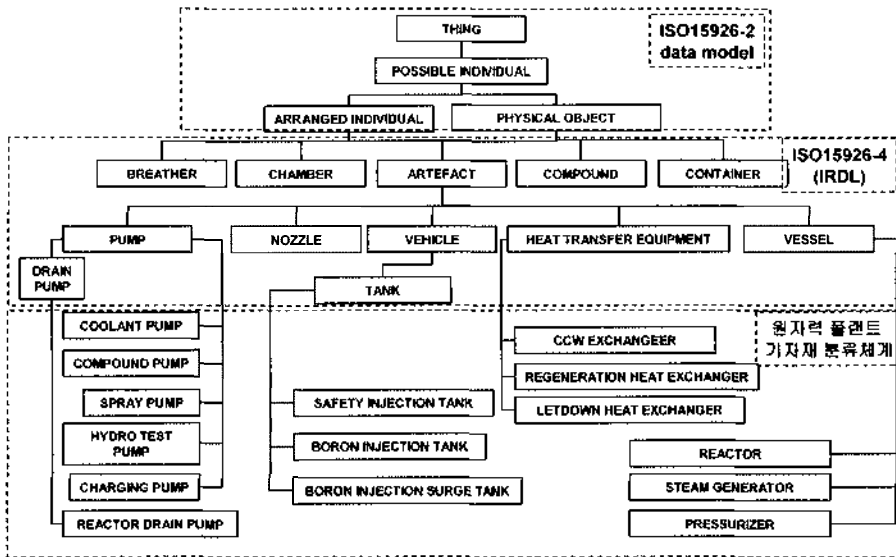


Fig. 9. KOPEC APR1400의 기자재 분류트리 정의.

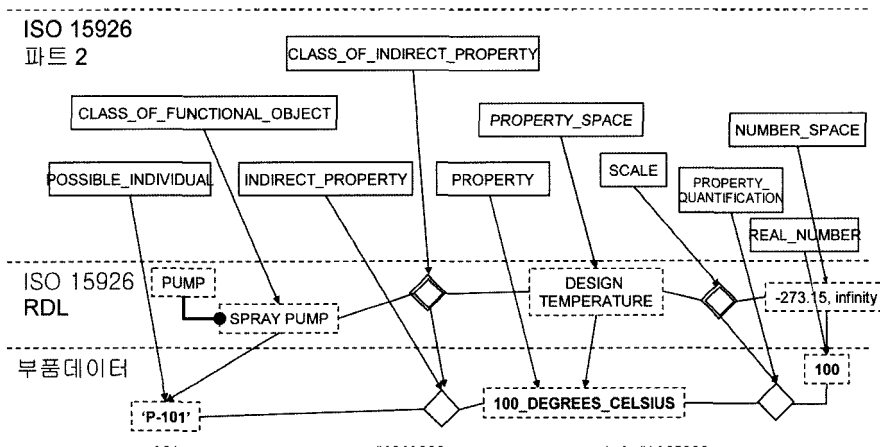


Fig. 10. 분류체계에 따른 KOPEC APR1400의 기자재 사양 데이터 표현.

가 Fig. 9이고, 분류체계에 따라 *Spray Pump*의 *Design Temperature* 사양 데이터를 표현한 예가 Fig. 10이다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 플랜트 기자재 분류체계 개발을 위한 국내의 표준을 조사하고 분석한 후, ISO 15926 파트 2와 파트 4를 이용한 분류체계의 정의 및 표현 과정을 단계별로 나누어 설명하였다. 그리고 사용자의 ISO 15926 기반의 분류체계 정의 작업을 지원하는 분류체계 정의 도구를 개발한 후, 원자력 플랜트의 냉각재 제어 계통에 들어가는 45종의 기자재에 대해

서 분류체계를 정의하였다. 마지막으로 정의된 분류체계를 ISO 10303 파트 21 포맷의 불리 파일로 출력한 후 객체 지향 데이터베이스인 EDM에 입력하여, 기자재 데이터 웨어하우스의 구축 및 검색 시스템 구현을 위한 기반을 마련하였다.

ISO 15926의 대상 범위는 프로세스 플랜트의 전 생애주기이기 때문에 파트 2 데이터 모델과 RDL이 복잡하여 구현이 용이하지 않다. ISO 15926 파트 7에서는 구현을 위한 XML 템플릿 기반의 데이터 공유 및 교환 구조를 제공하는데, 기자재 데이터 웨어하우스 및 전자 카탈로그 시스템 구현 시, ISO 15926 파트 7을 적용하는 방법에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 조준면, 문두환, 김흥기, 한순홍, 류병우, "PLIB에 기반한 전자상거래용 급형부품 데이터 사전의 구축", 한국전자거래학회지, 제8권, 제3호, 2003.
2. Cho, J., Han, S. and Kim, H., "Meta-Ontology for Automated Information Integration of Parts Libraries", *CAD*, Vol. 38, No. 7, pp. 713-725, 2006.
3. Gerald Radack *et al.*, Report on the Task Force on Dictionaries, Part Libraries and Reference Data Libraries, ISO TC184/SC4/N2016, 2005-10-21.
4. Philip R Gould, "Equipment Information for Process Plants: A Case Study Using Content Management Technologies for Improved Performance", Tektonisk (UK) Ltd., <http://www.sharecat.com/>, 2007.
5. 한순홍, "제품모델 정보표준과 한국의 ISO 활동", PLANT STEP 시리즈 1회, 계간 플랜트이앤씨 (Engineering & Construction), 2004년 봄호, pp. 8~13, 2004년 4월.
6. ISO, 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, 2005.
7. ISO, Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 227: Application Protocol: Plant Spatial Configuration, ISO:2005 10303-227, 2005.
8. ISO, Industrial Automation Systems and Integration - Integration of Life-cycle Data for Process Plants - Part 1: Overview and Fundamental Principles, ISO:2004 15926-1, 2004.
9. ISO, Industrial Automation Systems and Integration - Integration of Life-cycle Data for Process Plants - Part 2: Data Model, ISO:2003 15926-2, 2003.
10. ISO, Industrial Automation Systems and Integration - Integration of Life-cycle Data for Process Plants - Part 4: Initial Reference Data, ISO/CD 15926-4, 2005.
11. EPISTLE homepage, <http://www.btinternet.com/~Chris.Angus/epistle>, 2006.
12. David Leal, "ISO 15926 "Life Cycle Data for Process Plant": An Overview", *Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP*, Vol. 60, No. 4, pp. 629-637, 2005.
13. Tor Arne Irgens, Trine Hansen, and Jochen Haenisch, "PLCS Pilot for New Norwegian Frigates", PDT Europe 2004.
14. Tektonisk ShareCAT 홈페이지, <http://www.sharecat.com>, 2007.
15. VIPNET 홈페이지, www.openknow.com/vipnet/, 2007.
16. Yuuichi Koizumi, Hiroshi Seki, and Taesung Yoon, "Data Integration Framework Based On a Generic Product Model", Proceedings of the TMCE 2004, Lausanne, Switzerland, 2004.
17. 한순홍 외, "국제표준(ISO10303 STEP, ISO13584 PLIB) 기반의 원자력발전소 데이터 모델 및 응용 시스템 개발", 최종보고서, 전력산업기술기반조성사업, 2006.
18. Matthew West, "Creating and Using Reference Data with ISO15926", PDT Europe, 2004.
19. Guy Pierra, J. C. Potier, and E. Sardet, "From Digital Libraries to Electronic Catalogues for Engineering and Manufacturing", *International Journal of Computer Applications in Technology*, to be published, 2001.
20. 조준면, 한순홍, 김현, "부품 라이브러리 정보의 자동 통합을 위한 메타 온톨로지", 한국CAD/CAM학회 논문집, 11권, 4호, 2006.
21. ISO 13584 PLIB 홈페이지, <http://www.plib.ensma.fr/>, 2007.
22. ISO, Industrial Automation Systems and Integration -parts Library - Part 42: Description Methodology: Methodology for Structuring Parts Families, ISO:1998 13584-42, 1998.
23. 문두환, 천상욱, 최영준, 한순홍, "원자력 발전소 제품 데이터의 공유를 위한 중립 모델 기반의 데이터 웨어하우스의 구축", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제12권, 제1호, 2007.
24. Wache, H., Voegelé, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H. and Hubber, S., "Ontology-based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches", Proceedings of the International Workshop on Ontologies and Information Sharing, 2001.
25. 송일환, 장광섭, 문두환, 한순홍, "ISO 15926 Process Plants을 이용한 해외 건설 플랜트 기자재 분류체계의 개발", 2007 한국CAD/CAM학회 학술대회, 2007.
26. 장광섭, 송일환, 문두환, 한순홍, "프로세스 플랜트 기자재 분류체계 정의를 위한 ISO 15926 국제표준 활용 방안 연구", 2007 한국CAD/CAM학회 학술대회, 2007.
27. 한국수력원자력(주), "APR1400 설계특성 자료집", 2002.
28. 윤진현, "ISO15926 국제 표준을 이용한 원자력 발전소 기자재의 분류체계", 석사학위논문, 한국과학기술원, 2006.



윤진현

2003년 부경대 기계공학과 학사
 2006년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 2004년~2005년 Univ. of Michigan
 Visiting Scholar
 2006년~현재 대우인렉트로닉스 연구원
 관심분야: Engineering data exchange,
 STEP/PLIB/RDL, Digital Manu-
 facturing, Ontology, Expert
 System, Blue Ray



문두환

1999년 고려대 기계공학과 학사
 2001년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 2006년 한국과학기술원 기계공학과 박사
 2006년~현재 한국해양연구원 신약연구원
 관심분야: Feature-based modeling, Eng-
 ineering data exchange, STEP/
 PLIB/RDL, Digital Manufac-
 turing, Modeling and simulation,
 E-Commerce



한순흥

한국과학기술원 기계공학과 교수이며,
 웹저널인 International Journal of CAD/
 CAM(www.ijcc.org)의 편집장으로 활동
 하고 있다. 2003년까지 STEP센터(www.kstep.or.kr)의 회장과 전자거래학회(www.calsec.or.kr)의 회장을 맡았으며, 관심분
 야는 STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD
 이다. 연락처는 shhan@kaist.ac.kr, 홈페이지
<http://icad.kaist.ac.kr>, 미국 미시간
 대학에서 1990년 박사학위



조광중

2000년 2월 성균관대학교 공과대학 컴퓨
 터공학과 학사 졸업
 2000년 3월~2002년 8월 성균관대학교
 공과대학 컴퓨터공학과 석사
 2002년 8월~2005년 6월 고등기술연구원
 엔지니어링정보기술센터
 2005년 6월 현재 한국과학기술정보연
 구원
 관심분야: 네트워크 구성 관리, 네트워크
 성능 측정 및 향상, 전문가 시스
 템, 지식기반 네트워크 관리, 온톨
 로지, 플랜트 생애주기 정보관리