

홀과 노즐을 고려한 플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템 개발

이현오*, 권혁준*, 이광**, 문두환*:#

*경북대학교 정밀기계공학과, ** (주)씨씨엘소프트

Development of a System that Translates Spec-catalog Data for Plant Equipment Considering Holes and Nozzles

Hyunoh Lee*, Hyeokjun Kwon*, Gwang Lee**, and Duhwan Mun*:#

*Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University,

**CCL SOFT

(Received 11 June 2020; received in revised form 29 June 2020; accepted 05 July 2020)

ABSTRACT

Three-dimensional (3D) design data is used for various purposes throughout the life cycle of a plant construction project. Plant 3D CAD systems support 3D modeling based on specs-catalogs, which contain data that are used for different purposes such as design, procurement, production, and handover. Therefore, it is important to share the spec-catalog data in the 3D design model with other application systems. Sharing this data thus requires a system that extracts spec-catalog data from plant 3D CAD systems and converts them into neutral model data. In this paper, we analyze equipment spec-catalog data of plant 3D CAD systems and, based on these analyses, define the data structure for neutral spec-catalog data. We subsequently propose a procedure that translates native spec-catalog data to neutral model data and develop a prototype system that performs this operation. The proposed method is then experimentally validated for the test spec-catalog data.

Key Words : 3D Design Model(3차원 설계 모델), Data Exchange(데이터 교환), Equipment(기기), Hole(홀), Neutral Model(중립 모델), Nozzle(노즐), Plant 3D CAD System(플랜트 3차원 캐드 시스템), Spec-catalog(스펙-카탈로그), Translator(변환기)

1. 서 론

플랜트 건설 프로젝트에는 EPC(engineering, procurement, and construction)사, 기자재 제작사, 감리사, 발주사 등의 다양한 조직들이 참여하여 설계,

제작, 조달 및 시공 업무를 수행한다. 이 프로젝트에 참여하는 조직들은 취급하는 프로젝트 데이터가 서로 다르고 업무에 사용하는 엔지니어링 시스템도 서로 다르다. 또한 프로젝트 진행 과정에서 정보가 빈번하게 갱신이 된다. 따라서, 프로젝트에 참여하는 조직들 간에 정보를 필요한 때에 정확하게 교환하는 것이 중요하다. 예로, 미국 NIST(national institute of standards and technology)에서 발간된 보

Corresponding Author : dhmun@knu.ac.kr

Tel: +82-54-530-1271, Fax: +82-54-530-1278

고서^[1]를 보면 플랜트 산업에서 부적절한 정보 교환 및 공유로 인해 많은 시간과 비용이 소요됨을 알 수 있다.

EPC사는 플랜트 건설 프로젝트에서 플랜트 3D(three dimensional) CAD(computer-aided design) 시스템을 사용하여 기본 및 상세 설계를 한다. 플랜트 설계를 위해서는 먼저 배관 계통을 중심으로 구조, 전기, 공기조화 계통에 대한 계통도(schematic diagram)를 작성한다. 그리고 발주사로부터 제공받은 PMS(piping material specification)를 이용하여 플랜트 3D CAD 시스템의 스펙 정보를 구축한다. PMS에는 플랜트 건설 프로젝트 설계를 할 때 반드시 참조해야 되는 제약조건, 규칙 및 규정을 담고 있다. 스펙-카탈로그 데이터의 구축이 완료 되면, 스펙을 활용하여 데이터베이스에 저장된 기자재 카탈로그를 선정한 후 3차원 공간상에 카탈로그를 배치하는 방식으로 3D 설계를 진행한다.

스펙 카탈로그 데이터는 상세 설계, 생산 설계, 조달, 생산 및 정보이관 등에서 다양한 용도로 사용된다. 생산 설계에서는 생산 계획 및 운반 계획을 위해 모델의 중량을 산출하거나, 3D 형상을 참조하여 만들어지는 생산 도면 혹은 네스팅 도면의 작성 시 스펙-카탈로그 데이터가 필요하다. 조달에서는 설계에서 사용된 자재의 상세 정보를 가져와 물량 산출을 하기 위해 스펙-카탈로그 데이터가 필요하다. 마지막으로 주문주가 플랜트 발주 시 요구한 3D 설계 데이터, 기자재 속성 데이터, 태그 데이터 등과 같은 플랜트 정보이관 과정에서 스펙-카탈로그 데이터가 필요하다. 이와 같은 정보 공유 과정에서 서로 다른 시스템들이 스펙-카탈로그 데이터에 접근하여 활용하도록 하는 효율적인 방법은 중립 스펙-카탈로그 모델을 활용한 간접 번역 방식을 적용하는 것이다. 상업용 플랜트 3D CAD 시스템들은 스펙-카탈로그의 데이터 구조가 서로 다르고 데이터에 접근하기 위한 인터페이스에도 차이가 있다. 따라서 플랜트 3D CAD 시스템으로부터 스펙-카탈로그 데이터를 추출하여 중립 모델 데이터로 변환해주는 시스템의 개발이 필요하다. 이 논문에서는 Bae et al.^[18]이 개발한 배관 부품 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 기능을 확장하여, 기기에 대한 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템을 개발한

연구 내용을 소개한다.

이 논문에서는 플랜트 3D CAD 시스템 중 AVEVA 사의 PDMS, HEXAGON사의 Smart3D의 고유 기기 스펙-카탈로그 데이터를 중립 모델 데이터로 변환하는 방법을 제안한다. 이를 위해 먼저 각 시스템의 고유 기기 스펙-카탈로그 데이터 구조를 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 중립 스펙-카탈로그 데이터 구조를 정의한다. 그리고 고유 기기 스펙-카탈로그를 중립 모델로 변환하는 절차를 정의한다. 그리고 기기 스펙-카탈로그 데이터의 변환을 지원하는 프로토타입 시스템을 구현한다. 마지막으로 개발된 시스템의 유용성을 검증하기 위해 스펙-카탈로그 데이터의 변환 실험을 수행한다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 플랜트 설계 데이터 교환과 기자재 라이브러리 구축에 관한 기존 연구들을 분석한다. 3절에서는 PDMS와 Smart3D의 기기 스펙-카탈로그 데이터를 분석한 후 중립 모델을 정의한다. 그리고 스펙-카탈로그 데이터의 변환 절차를 설명한다. 4절에서는 플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 기본 설계를 수행한 결과를 설명한다. 5절에서는 프로토타입 시스템을 구현하고 기기 스펙-카탈로그 데이터를 변환하는 실험을 수행한다. 그리고 변환 결과를 검증하는 실험의 수행 결과를 논의한다. 마지막으로 6절에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

일반적으로 서로 다른 엔지니어링 시스템간에 데이터를 교환하기 위해 중립 모델을 사용한다. 플랜트 설계 데이터의 교환을 위해 활용 가능한 중립 데이터 모델은 ISO 10303 STEP^[2], ISO 15926 프로세스 플랜트^[3], XMpLant^[4]가 있다. ISO 10303은 제품 데이터 모델 교환에 관한 국제 표준이다. 선박 및 플랜트에 적용이 가능한 ISO 10303의 응용 프로토콜로는 AP(application protocol)221-계통도^[5], AP227-의장^[6], AP-239-제품 생애주기 지원^[7] 등이 있다. ISO 15926은 공정 플랜트의 생애주기 데이터의 공유와 통합을 위한 국제 표준으로 여러 개의 파트로 구성된다^[8]. ISO 15926의 주요 파트로는 파트 2 데이터 모델^[9], 파트 3 위상과 기하^[10], 파트4

초기 참조 데이터^[11], 파트 7 템플릿 방법^[12], 파트 8 OWL(web ontology language) 구현^[13]이 있다. XMpLant는 영국의 Numenon사가 개발한 플랜트 데이터 번역을 위한 중립 모델이다. XMpLant기반의 번역기 개발 도구로는 XMpDE가 있으며, 다수의 플랜트 설계 시스템들과의 인터페이스가 제공된다.

기자재 사양 데이터의 교환에 관한 기존 연구를 살펴보면 다음과 같다. Lee et al.^[14]은 공정 플랜트 산업에서의 카탈로그 구축 관련 요구사항에 대해서 분석하고, 이를 토대로 일반 기자재, 대형기 및 스킴에 대한 중립 카탈로그의 생성을 지원하는 시스템을 개발하였다. Lee et al.^[15]은 프로세스 플랜트의 기기 모델을 대상으로 플랜트 산업에서 주로 사용되는 CAD 시스템들 간의 CAD 모델 변환 자동화 프로그램을 개발하였다. Yeo et al.^[16]은 카탈로그에 포함된 3D 모델을 타 시스템에서 활용할 수 있도록 하기 위해서 STL(stereolithography) 형식의 3D 메쉬 모델을 OBJ(object) 형식으로 변환하는 시스템을 개발하였다. Bae et al.^[17]은 기자재 라이브러리 구축을 위해 카탈로그를 구성하는 3D 형상, 사양 및 포트 정보를 정합하여 표준을 활용한 중립 카탈로그를 생성하는 실험을 수행하였다. Bae et al.^[18]은 플랜트 3D CAD 시스템의 배관 부품 스펙-카탈로그 데이터를 중립 모델 데이터로 변환하기 위해 중립 스펙-카탈로그 데이터 구조를 정의하고, 배관 부품의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 중립 모델로 변환하는 시스템을 개발하였다.

플랜트 3D CAD 시스템의 스펙-카탈로그 데이터

변환에 관한 기존 연구에서는 배관 부품에 대한 스펙-카탈로그 데이터를 대상으로 하였다. 하지만 플랜트 3D CAD 시스템을 활용한 상세설계에서는 배관 부품 뿐만 아니라 기기에 대한 스펙-카탈로그 데이터도 사용된다. 본 연구에서는 Bae et al.^[18]의 연구 내용을 확장하여 기기 스펙-카탈로그 데이터를 중립 모델 데이터로 변환하는 방법을 제안한다.

3. 중립 모델 기반 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역

3.1 플랜트 3D CAD 시스템의 기기 스펙-카탈로그 데이터 분석

3.1.1 AVEVA PDMS

PDMS는 자사의 모듈에서 스펙-카탈로그 데이터베이스를 구축하고 관리한다. PDMS에서 스펙-카탈로그를 구축하는 절차는 다음과 같다. 먼저, PARAGON 모듈에서 카탈로그의 형상 조건, 재질 및 특성을 정의한다. 이후 SPECON 모듈에서 PARAGON 모듈에서 생성된 형상을 스펙에 업로드하는 작업을 진행한다. 스펙 작업이 완료되면, DESIGN 모듈에서 스펙-카탈로그 데이터베이스에 구축된 기자재를 선정하여 모델링을 수행한다. PDMS의 스펙-카탈로그 데이터 구조를 나타낸 그림이 Fig. 1이다.

PDMS의 스펙 데이터는 SPWL(specification world), SPEC(specification), SELE(selection),

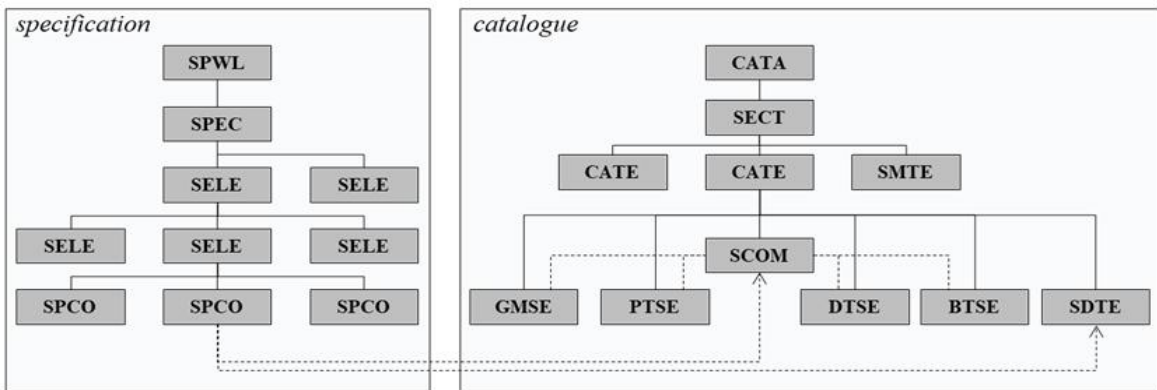


Fig. 1 Spec-catalog data structure of AVEVA PDMS

SPCO(specification component)로 구성된다. SPWL은 다수의 SPEC을 포함하는 최상위 객체이다. SPEC은 SELE과 SPCO로 구성되며, PDMS에서 사용되는 기자재 카탈로그들은 반드시 특정 프로젝트의 SPEC에 포함되어야 한다. SELE은 특정 기자재를 찾기 위한 질문과 답변으로 구성된다. SPCO는 SELE을 통해 검색된 기자재로, SCOM의 참조 정보를 가진다.

PDMS의 카탈로그 데이터는 CATA(catalog), SECT(section), CATE(category), SCOM(specific component)으로 구분된다. CATA는 카탈로그 코드 혹은 사양 표준명으로, 예로는 ANSI(american national standards institute), BS(british standards) 등이 있다. SECT는 기자재의 분류 명칭이 저장되며, 예로는 엘보우(elbow), 플랜지(flange), 밸브(valve) 등이 있다. CATE는 기자재의 명칭이 저장되며, 예로는 블라인드 플랜지(blindflange), 볼밸브(ballvalve) 등이 있다. CATE의 하위에는 GMSE(geometry set), PTSE(point set), DTSE(data set), BTSE(bolt set), SDTE(detail text)가 있다. SCOM은 기자재의 파라미터 집합을 가지고 있으며, 3D 형상에 대한 GMSE, PTSE, DTSE, BTSE의 참조 정보를 가진다. GMSE는 기하 정보를 표현하기 위한 파라미터 집합을 가지고 있다. PTSE는 포인트를 표현하기 위한 파라미터 집합을 가지고 있다. DTSE는 기자재의 속성 정보를 표현하기 위한 파라미터 집합을 가지고 있다. BTSE는 기자재에 사용되는 볼트에 대한 정보를 가지고 있다.

PDMS는 기기와 노즐의 카탈로그를 각각 생성하여 관리한다. 노즐의 스펙 데이터와 카탈로그 데이터의 예시는 Fig. 2와 같다. Fig. 2 (a)는 노즐의 스펙 데이터로, NEW SELEC을 통해 SPCOMPONENT(specific component)가 선정된다. 그리고 SPCOMPONENT와 동일한 값을 가지는 OLD SPCOMPONENT에 카탈로그 데이터의 참조 정보를 가진다. 예로, SPCOMPONENT에 연결된 참조 정보는 CATR(category reference) SPCOMPONENT값인 /ACZW200DD를 통해 Fig. 2 (b)의 카탈로그 데이터와 연동된다. 카탈로그 데이터에는 NEW SPCOMPONENT에 포함된 PARA에 기자재의 속성 파라미터 집합이 포함되어 있다. 그

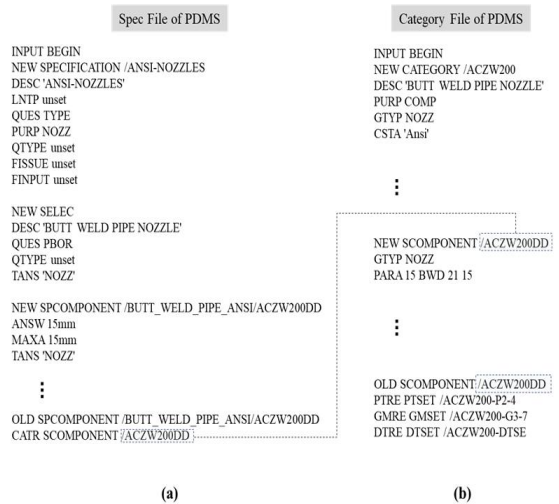


Fig. 2 Nozzle spec-catalog data of AVEVA PDMS

리고 동일한 값을 가지는 OLD SPCOMPONENT에 PTRE PTSET, GMRE GMSET, DTRE DTSET값이 연결되어 있다. 이 값들은 3D 형상에 대한 PTSE, GMSE, DTSE의 참조 정보에 해당된다.

3.1.2 HEXAGON Smart3D

Smart3D는 스펙-카탈로그 데이터베이스를 엑셀 파일을 통해 구축하고 관리한다. Smart3D에서 스펙-카탈로그를 구축하는 절차는 다음과 같다. 먼저, 사용자가 사용할 스펙과 카탈로그의 목록을 엑셀 파일에 기재한다. 이후 스펙-카탈로그 구축 작업이 완료되면, 자사의 모듈에 엑셀 파일 벌크 로드(bulkload)를 통해 스펙-카탈로그 데이터를 탑재한 후 모델링에 활용한다.

Smart3D는 기기에 대한 스펙을 정의하지 않기 때문에 배관 부품에 대한 스펙을 분석하였다. 스펙과 관련된 주요 구성 시트로선 PMCD(piping materials class data)와 PCF(piping commodity filter) 및 PCMCD(piping commodity material control data)가 있다. PMCD는 사용자가 모델링을 할 때 선택하는 스펙을 정의하는 시트로써, 주요 속성으로는 스펙 이름(spec name), 자재 설명(material description), 자재 타입(materials type)이 있다. PCF는 기자재 선정을 위한 규칙을 정의하는 시트로

Non-geometric properties			Geometric properties			Nozzle properties			Hole properties			
Name	PartDescription	ProcessEqTypes2	EquipmentXLength	EquipmentYLength	EquipmentZLength	Nozzle(1):Npd	Nozzle(1):NpdUnitType	Nozzle(1):EndPrep	Nozzle(1):EndStandard	Nozzle(5):HoleDia	Nozzle(5):HoleXCord	Nozzle(5):HoleYCord
PlateFrame Exchanger01 01-E	Plate and Frame Exchanger	1070	1440	470	981	4	in	391	5	0.05m	-0.0935m	-0.07m

Fig. 3 Equipment catalog data of HEXAGON Smart3D

써, 주요 속성으로는 원자재 식별 코드(commodity code), 공칭 지름(first size from-to), 기자재 분류 정보(short code)가 있다. PCMCD는 PCF에서 사용할 자재 정보를 포함하는 시트로써, 주요 속성으로는 원자재 식별 코드(contractor commodity code), 가스켓 요구사항(gasket requirements), 볼트 요구사항(bolting requirements)이 있다.

Smart3D의 기기 카탈로그에는 Fig. 3과 같이, 형상 속성(Geometric properties), 비형상 속성(Non-geometric properties), 노즐 속성(Nozzle properties) 및 홀 속성(Hole properties)이 저장된다. 기기의 타입마다 속성들이 달라지며, 형상 관련 속성으로는 EquipmentXLength, EquipmentYLength, EquipmentZLength 등이 있다. EquipmentLength 속성은 XYZ 좌표계에서 기기 모델을 대상으로 바운딩 박스(bounding box)를 생성하였을 때 각 좌표 방향의 길이를 의미하며, 단위는 mm이다. 비형상 관련 속성으로는 Name, PartDescription, DryWeight 등이 있다. Name 속성은 PDMS에서 모델링 시 사용되는 파트 넘버(part number)와 동일하다. 파트 넘버는 모델링 시 스펙 선정 이후에 카탈로그를 선택할 때 사용되는 카탈로그의 식별자이다. 노즐 속성에는 Npd, NpdUnitType, EndPrep, EndStandard 등이 있다. 노즐의 속성 앞에는 그림과 같이 노즐의 개수에 따라 번호가 순서대로 부여된다. 홀 속성에는 HoleDia, HoleXCord, HoleYCord 등이 있다. 홀은 노즐에 포함되어 있으며, 노즐과 마찬가지로 홀의 개수에 따라 속성 앞에 번호가 부여된다.

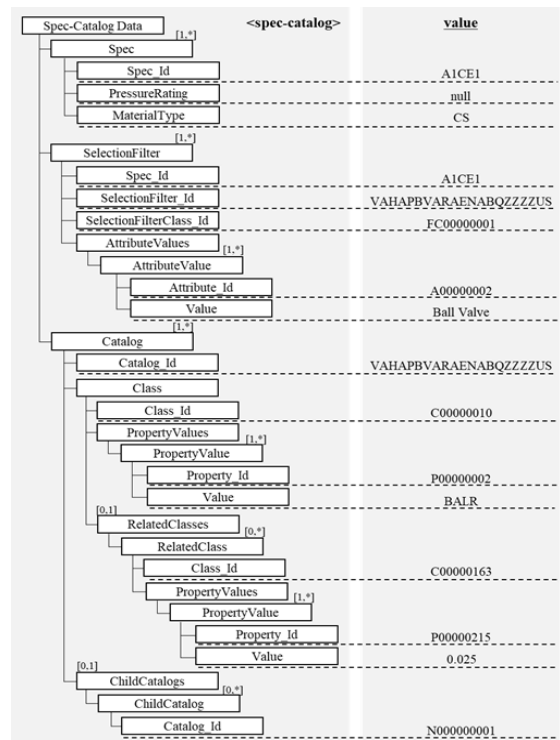


Fig. 4 Data structure of neutral spec-catalog model

3.2 중립 기기 스펙-카탈로그 모델 정의

기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템에서 사용하는 중립 스펙-카탈로그 모델은 Bae et al.^[18]이 배관 부품을 대상으로 정의한 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 중립 메타 모델을 확장시킴으로

써, 기기를 대상으로 스펙-카탈로그 변환이 가능하도록 정의하였다.

중립 스펙-카탈로그(*Spec-Catalog Data*)는 Fig. 4와 같이, 스펙(*Spec*), 필터(*SelectionFilter*), 카탈로그(*Catalog*)로 구성된다. *Spec*은 스펙 고유 식별자(*Spec_Id*), 유체 압력 조건(*PressureRating*), 자재 타입(*MaterialType*)으로 구성된다. *SelectionFilter*는 *Spec_Id*, 필터 고유 식별자(*SelectionFilter_Id*), 필터 클래스 고유 식별자(*SelectionFilterClass_Id*), 속성 값(*AttributeValue*)으로 구성된다. *AttributeValue*는 속성 고유 식별자(*Attribute_Id*), 속성 값(*Value*)으로 구성된다. *Catalog*는 카탈로그 고유 식별자(*Catalog_Id*), 기자재 타입(*Class*), 자식 카탈로그(*ChildCatalogs*)로 구성된다. *Class*는 기자재 타입 식별자(*Class_Id*), 사양 값(*PropertyValue*), 관련 속성(*RelatedClasses*)으로 구성된다. *PropertyValue*는 사양 고유 식별자(*Property_Id*), 사양 값(*Value*)으로 구성된다. *RelatedClass*는 *Class_Id*, *PropertyValue*로 구성된다. *ChildCatalog*는 *Catalog_Id*로 구성된다.

이 논문에서는 기기의 홀과 노즐을 고려하여 Bae et al.^[18]이 정의한 중립 스펙-카탈로그 모델에서 *ChildCatalogs*와 *RelatedClasses*를 추가하였다. *ChildCatalogs*는 기기 카탈로그에 포함된 노즐 카탈로그를 표현하기 위한 모델로써, *ChildCatalog*는 기기와 연결된 노즐 카탈로그의 카탈로그 아이디로 구성된다. *RelatedClasses*는 노즐 카탈로그에 포함된 홀의 속성을 나타내기 위해 정의한 모델로

써, *RelatedClass*는 노즐 카탈로그에 포함된 홀의 타입과 속성으로 구성된다.

3.3 스펙-카탈로그 데이터 변환

3.3.1 스펙-카탈로그 데이터 변환 절차

플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 스펙-카탈로그 데이터 변환 절차는 Fig. 5와 같다. 변환 절차는 AVEVA사의 PDMS와 HEXAGON사의 Smart3D를 대상으로 정의하였다. 먼저, 변환 대상 시스템의 스펙-카탈로그 DB에서 고유 스펙-카탈로그를 추출한다. PDMS는 PML(programmable markup language)를 활용하여 스펙-카탈로그 데이터를 추출한다. 추출 결과는 텍스트 파일 형식으로 출력된다. Smart3D에서는 별크로드용 액셀파일을 활용하여 스펙-카탈로그 데이터를 추출한다.

추출된 고유 스펙-카탈로그 데이터는 플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템에 입력되어 스키마 매핑(schema mapping)을 통해 스펙-카탈로그 데이터로 변환된다. 스키마 매핑이란, 플랜트 3D CAD 시스템의 스펙-카탈로그 모델과 중립 모델 사이에 클래스 및 속성간의 대응 관계를 정의하는 것을 의미한다. 스펙-카탈로그 변환 과정에서는 수작업으로 작성된 매핑 파일(*Mapping file*)과 보조입력 파일(*Auxiliary file*)이 필요하다. 매핑 파일에는 고유 스펙-카탈로그 모델과 중립 스펙-카탈로그 모델 간의 매핑 관계가 정의되어 있다. 매핑 관계는 스펙 매핑(spec mapping), 클래스 매

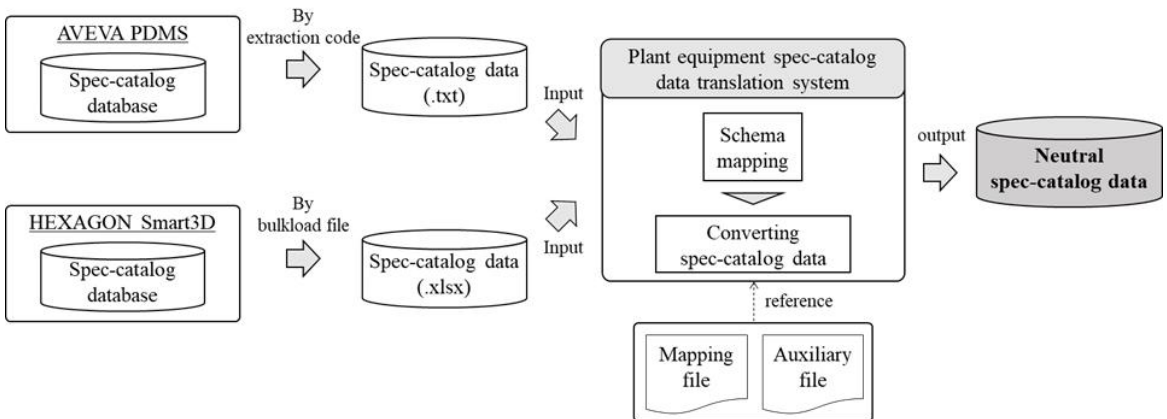


Fig. 5 Procedure to translate spec-catalog data of plant 3D CAD systems

핑(class mapping), 필터 매핑(selectionfilter mapping), 사양 매핑(property mapping), 속성 매핑(attribute mapping)으로 구성되어 있다. 보조입력 파일에는 중립 스펙-카탈로그 데이터에 대한 참조 데이터가 정의되어 있다. 참조 데이터로는 스펙 목록(spec taxonomy), 사양 목록(property list), 속성 목록(attribute list), 필터 목록(selectionfilterclass list), 기자재 타입 목록(partclass list), 단위(unit of measure)가 있다.

3.3.2 스펙-카탈로그 데이터 매핑

플랜트 3D CAD 시스템의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 중립 스펙-카탈로그 데이터로 변환하기 위해서는 스펙 매핑, 클래스 매핑, 필터 클래스 매핑, 사양 매핑, 속성 매핑이 필요하다. 매핑 절차의 설명을 위해, 합성가스(synthesized natural gas) 생산 플랜트 프로젝트 데이터에 포함된 기기 스펙-카탈로그 데이터를 대상으로 스펙-카탈로그 데이터 매핑을 진행하였다.

스펙 매핑은 Fig. 6과 같이 플랜트 3D CAD 시스템(TargetSystem)의 스펙(TargetSpec) 정보가 입력

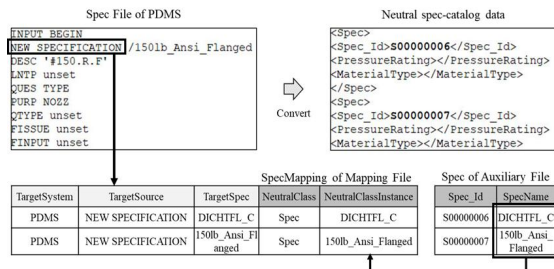


Fig. 6 Spec mapping process

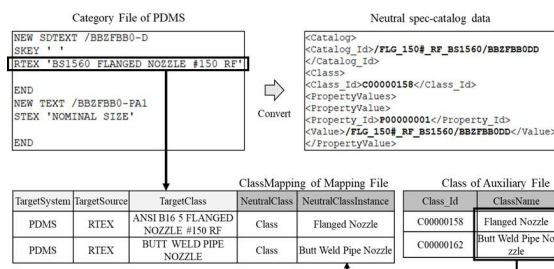


Fig. 7 Class mapping process

되면 중립 메타 모델 엔터티(NeutralClass)의 인스턴스(NeutralClassInstance)로 변환한다. 이후 변환된 인스턴스 값은 보조입력 정보를 참조하여 중립 스펙-카탈로그 파일에서 스펙 아이디(Spec_Id)로 표현한다.

클래스 매핑은 Fig. 7과 같이 플랜트 3D CAD 시스템(TargetSystem)의 클래스(TargetClass) 정보가 입력되면 중립 메타 모델 엔터티(NeutralClass)의 인스턴스(NeutralClassInstance)로 변환한다. 이후 변환된 인스턴스 값은 보조입력 정보를 참조하여 중립 스펙-카탈로그 파일에서 클래스 아이디(Class_Id)로 표현한다.

필터 클래스 매핑은 Fig. 8과 같이 플랜트 3D CAD 시스템(TargetSystem)의 필터 클래스(TargetSource) 정보가 입력되면 중립 메타 모델 엔터티(NeutralClass)의 인스턴스(NeutralClassInstance)로 변환한다. 이후 변환된 인스턴스 값은 보조입력 정보를 참조하여 중립 스펙-카탈로그 파일에서 필터 클래스 아이디(SelectionFilterClass_Id)로 표현한다.

사양 매핑은 Fig. 9와 같이 플랜트 3D CAD 시

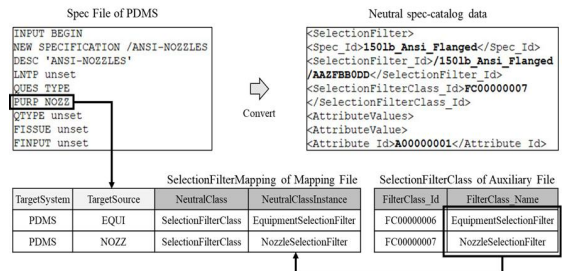


Fig. 8 Filter class mapping process

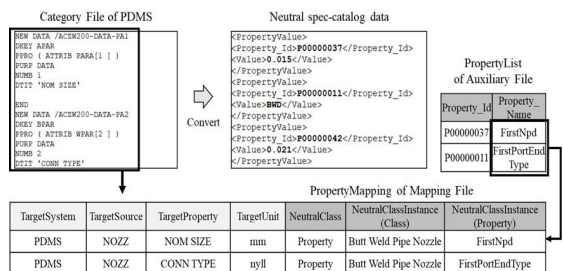


Fig. 9 Property mapping process

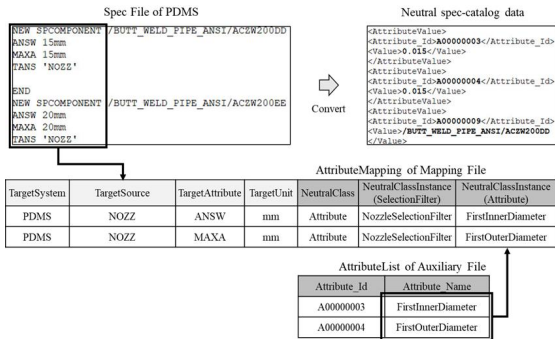


Fig. 10 Attribute mapping process

스텝(*TargetSystem*)의 특정 기자재 타입(*TargetSource*)의 속성(*TargetProperty*) 정보가 입력되면 중립 메타 모델 엔터티(*NeutralClass*)의 인스턴스(*NeutralClassInstance(Property)*)로 변환한 후 기자재 타입 인스턴스(*NeutralClassInstance(Class)*)와 관계를 부여한다. 이후 변환된 사양 인스턴스 값은 보조입력 정보를 참조하여 중립 스펙-카탈로그 파일에서 사양 아이디(*Property_Id*)로 표현한다.

속성 매핑은 Fig. 10과 같이 플랜트 3D CAD 시스템(*TargetSystem*)의 특정 객체(*TargetSource*)의 속성(*TargetAttribute*) 정보가 입력되면 중립 메타 모델 엔터티(*NeutralClass*)의 인스턴스(*NeutralClassInstance(Attribute)*)로 변환한 후 기자재 타입 인스턴스(*NeutralClassInstance(SelectionFilter)*)와 관계를 부여한다. 이후 변환된 속성 인스턴스 값은 보조입력 정보를 참조하여 중립 스펙-카탈로그 파일에서 속성 아이디(*Attribute_Id*)로 표현한다.

4. 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템 설계

4.1 기능 요구사항 분석 및 유즈케이스 정의

플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 기능 요구사항을 다음과 같이 분석하였다. 요구기능으로는 기기 스펙-카탈로그 데이터 입력, 보조입력 정보 입력, 매핑 정보 입력, 스펙-카탈로그 데이터 변환이 있다.

기기 스펙-카탈로그 데이터 입력 기능은 변환 대상이 될 플랜트 3D CAD 시스템의 고유 기기 스펙-카탈로그 데이터를 입력 받기 위해 필요하다. 보조 입력 정보 입력 기능은 중립 스펙-카탈로그 모델의 참조 데이터 XML(extensible markup language) 파일을 입력 받기 위해 필요하다. 매핑 정보 입력 기능은 플랜트 3D CAD 시스템의 고유 스펙-카탈로그 데이터와 중립 스펙-카탈로그 데이터간의 매핑 정보가 저장된 XML 파일을 입력 받기 위해 필요하다. 마지막으로 스펙-카탈로그 데이터 변환 기능은 입력된 파일들을 기반으로 플랜트 3D CAD 시스템의 고유 스펙-카탈로그를 중립 스펙-카탈로그로 변환하기 위해 필요하다.

기능 요구사항을 바탕으로 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역시스템의 유즈 케이스(use case)를 다음과 같이 정의하였다. 유즈 케이스는 기기 스펙-카탈로그 데이터 입력, 보조입력 파일 입력, 매핑 파일 입력, 출력 경로 지정 및 스펙-카탈로그 데이터 변환으로 구성된다.

4.2 클래스 및 시퀀스 다이어그램 설계

기능 요구사항과 유즈케이스를 기반으로 시스템의 클래스 및 시퀀스 다이어그램을 설계하였다. 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 주요 클래스와 클래스간의 관계를 정의한 클래스 다이어그램이 Fig. 11이다.

*ConvertManager*는 고유 스펙-카탈로그 데이터, 보조입력 데이터, 매핑 데이터를 관리하고, 스펙-카탈로그 데이터 변환을 수행한다. *PDMSManager*는 PDMS의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 관리하

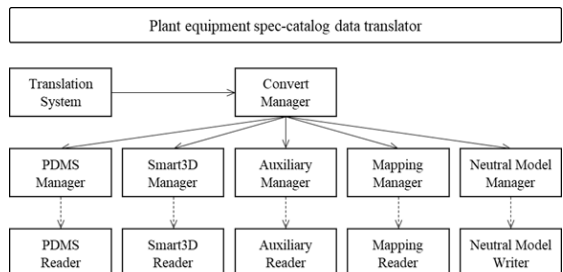


Fig. 11 Class diagrams of a plant equipment spec-catalog data translation system

고, *PDMSReader*는 PDMS의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 읽어서 *Manager* 클래스에 저장한다. *Smart3DManager*는 Smart3D의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 관리하고, *Smart3DReader*는 Smart3D의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 읽어서 *Manager* 클래스에 저장한다. *AuxiliaryManager*는 보조입력 정보를 관리하고, *AuxiliaryReader*는 보조입력 정보를 읽어서 *Manager* 클래스에 저장한다. *MappingManager*는 매핑 정보를 관리하고, *MappingReader*는 매핑 정보를 읽어서 *Manager* 클래스에 저장한다. *NeutralModelManager*는 매핑 과정을 통해 변환된 중립 스펙-카탈로그를 관리한다. *Neutral*

*ModelWriter*는 스펙-카탈로그 데이터 변환 후 중립 스펙-카탈로그 구조에 맞게 XML형식으로 출력하는 역할을 한다.

기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 클래스 다이어그램 설계 이후에 시스템의 주요 기능의 실행 과정을 시퀀스 다이어그램을 이용하여 설계하였다. 예로 Fig. 12는 PDMS의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 시스템에 입력하는 유즈케이스에 대한 시퀀스 다이어그램이다.

5. 구현 및 실험

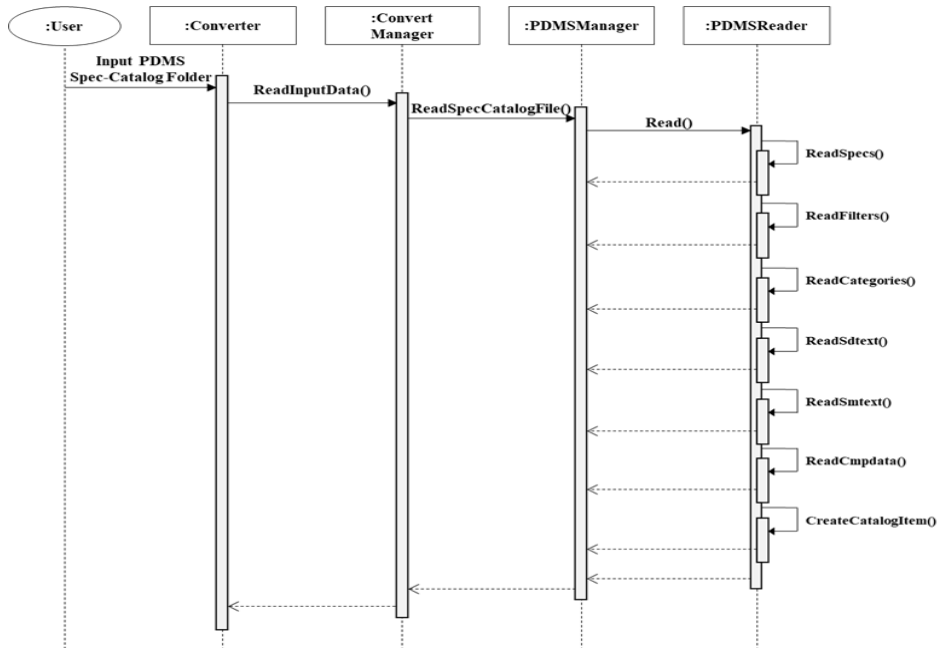


Fig. 12 Sequence diagram of inputting PDMS spec-catalog data

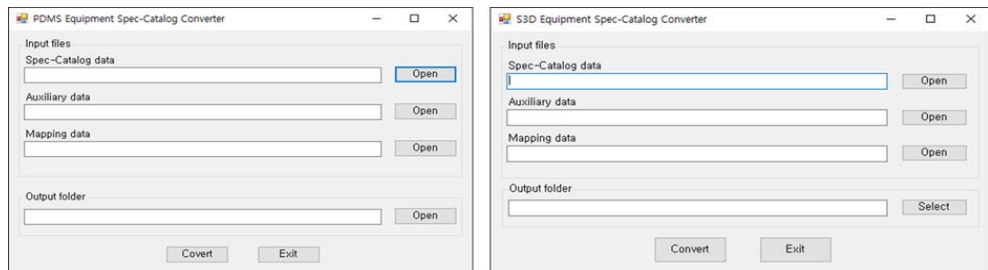


Fig. 13 Plant equipment spec-catalog data translation system prototype

플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템의 설계 결과를 바탕으로 프로토타입 시스템을 Fig. 13과 같이 구현하였다. 프로토타입 시스템은 C# 언어로 개발되었으며, 시스템 GUI(graphic user interface)의 구현을 위해 Windows Form을 사용하였다. 그리고 XML 데이터의 입력 및 출력 처리를 위하여 MSXML 6.0 라이브러리를 사용하였다.

개발된 프로토타입 시스템의 유효성을 검증하기 위해 PDMS와 Smart3D에서 플랜트 프로젝트에 포함된 기기 스펙-카탈로그 데이터를 실험에 사용하였다. PDMS의 경우, 합성가스 생산 플랜트 프로젝트 데이터에 포함된 기기 스펙-카탈로그 데이터를 사용하였다. Smart3D의 경우, 시스템 설치 시 기본적으로 제공되는 샘플 프로젝트에 포함된 기기 스펙-카탈로그 데이터를 사용하였다. 스펙-카탈로그 데이터 번역 실험에 사용된 PDMS의 입력 파일은 Fig. 14 (a) 이고 Smart3D의 입력 파일은 Fig. 14 (b) 이다.

스펙-카탈로그 데이터 변환 실험에서는 먼저 실험 대상인 PDMS 스펙 5개 및 카탈로그 1486개와 Smart3D 카탈로그 586개에 대해 중립 스펙-카탈로그 데이터와 고유 스펙-카탈로그 데이터간의 매핑 및 보조입력 데이터를 수작업으로 작성하였다.

실험 데이터 작성 후에는 기능 시험을 수행하여 구현된 시스템의 각 기능의 정상 작동 여부를 확인하였다. 시험은 블랙 박스(black box) 방식으로 수행하였고, 입력 정보를 기준으로 미리 정의한 중립 모델 구조 형식에 맞는 데이터가 출력되는지 여부를 확인하였다. 기능시험 이후에는 PDMS와 Smart3D의 고유 스펙-카탈로그를 중립 스펙-카탈로그로 변환하는 실험을 수행하였다.

그리고 변환 실험 결과를 검증하기 위해, 중립 플랜트 3D CAD 가시화 시스템을 통해 변환된 중립 스펙-카탈로그 데이터 무결성 검증 검사를 진행하였다. 중립 플랜트 3D 가시화 시스템은 스펙-카탈로그 데이터를 검증하기 위해 개발한 시스템으로, 중립 3D 설계 데이터와 중립 스펙-카탈로그 데이터간의 연계를 통해 데이터를 검증한다. 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템을 통해 변환된 중립 스펙-카탈로그 데이터와 중립 3D 설계 데이터를 로딩한 결과는 Fig. 15와 같다. 무결성 검증

검사를 수행한 결과, 모든 스펙-카탈로그 데이터와 3D 설계 데이터에 대해 정상적으로 연계가 된 것을 확인하였다.

6. 결론

플랜트 건설 프로젝트에서 자주 사용되는 설계 정보의 활용을 위해 플랜트 3D CAD 시스템의 고유 스펙-카탈로그 데이터를 중립 스펙-카탈로그 데이터로 번역하는 시스템을 개발하였다. 이를 위해 중립 스펙-카탈로그 모델을 정의한 후 스펙-카탈로그 데이터의 변환 절차를 정의하였다. 그리고 기능 요구사항 분석, 유즈 케이스 정의, 클래스 다이어그램 및 시퀀스 다이어그램 작성을 통해 시스템의 기본 설계를 수행하였다. 이후 시스템의 설계 결과를 바탕으로 프로토타입 시스템을 구현하였다. 그리고 시스템의 유용성을 검증하기 위해서 AVEVA사의 PDMS의 플랜트 프로젝트와 HEXAGON사의 Smart3D의 샘플 프로젝트에 포함된 기기 스펙-카탈로그 데이터를 중립 스펙-카탈로그 데이터로 변환하는 실험을 수행하였다.

현재 개발된 플랜트 기기 스펙-카탈로그 데이터 번역 시스템은 PDMS의 경우에만 현업에서 사용되는 실제 플랜트 프로젝트 데이터로 검증을 하였다. 향후에는 Smart3D에서 모델링 된 실제 플랜트 프로젝트 데이터를 활용하여 개발 시스템의 검증 및 보완을 수행할 계획이다. 또한 현재 수작업으로 작성하고 있는 매핑 데이터와 보조입력 데이터의 자동화 방안도 같이 연구할 계획이다.

후 기

이 논문은 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업 (과제 번호: 20000725 & 20009324)의 지원으로 수행된 연구 결과임을 밝힙니다.

REFERENCES

- Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn Jr, J. L., Gilday, L. T., "Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities

- industry”, NIST Publication GCR 04-867, 2004.
2. Owen, J., STEP: An Introduction, 2nd Edition, Information Geometers, 1997.
 3. Leal, D., “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.
 4. XMpLant, <http://www.nextspace.co.nz/products-and-services/solutions/xmplant/>
 5. 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.
 6. ISO, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 227: Application protocol: Plant spatial configuration, ISO 10303-227, 2005.
 7. ISO, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 239: Application protocol: Product life cycle support, ISO 10303-239, 2005.
 8. Kim, B., Hans, T., Mun, D., Han, S., “Integration of distributed plant lifecycle data using ISO 15926 and Web services, Annals of nuclear energy”, Vol. 38, No. 11, pp. 2309-2318, 2011.
 9. ISO, Industrial automation systems and integration - Integration of lifecycle data for process plants including oil and gas production facilities - Part 2: Data model, ISO 15926-2, 2003.
 10. ISO, Industrial automation systems and integration - Integration of lifecycle data for process plants including oil and gas production facilities - Part 3: Reference data for geometry and topology, ISO/TS 15926-3, 2009
 11. ISO, 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, 2007.
 12. ISO, 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 - Template methodology, ISO/CD TS 15926-7, 2009.
 13. ISO, Industrial automation systems and integration - Integration of lifecycle data for process plants including oil and gas production facilities - Part 8: Implementation Methods for the Integration of Distributed Systems - OWL Implementation, ISO/CD TS 15926-8, 2009.
 14. Lee, H., Bae, Y., Kwon, S., Kim, B. C., Mun, D. and Han, S., “Development of a Neutral Model-based Catalog Generation System to Support 3D Design of a Plant,” TRANSACTIONS OF THE KOREAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS A, Vol. 42, No. 8, pp. 753-763, 2018.
 15. Lee, J. J., Han, Y. S., Lee, J. M. and Lee, K. H., “A Study on Equipment Model Converting Method and Implementation between Heterogenous Plant CAD Systems”, Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 23, No. 4, pp. 422-431, 2018.
 16. Yeo, C., Park, C. and Mun, D., “Development of a System to Convert a 3D Mesh Model in STL Format into OBJ Format,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 3, pp. 78-86, 2018.
 17. Bae, Y., Park, C., Mun, D. and Han, S., “Development of a System to Translate Catalog Data of Equipment and Materials form a Neutral Mode to a Plant 3D CAD System”, Korean Journal of Computational Design and Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 144-154, 2018.
 18. Bae, Y., Lee, H., Lee, G., Mun, D. and Han, S., “Development of a system to translate fitting parts' spec-catalog data between plant 3D CAD systems and neutral model”, TRANSACTIONS OF THE KOREAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS A, Vol. 43, No. 9, pp. 657-665, 2019.