

서로 다른 프리미티브 집합을 사용하는 CAD 시스템 사이에 선박 의장 설계 데이터의 교환

이승훈¹ · 한순흥^{2†}

¹한국과학기술원 기계공학과, ²한국과학기술원 해양시스템공학과

Ship Outfitting Design Data Exchange between CAD Systems Using Different Primitive Set

Seunghoon Lee¹ and Soonhung Han^{2†}

¹Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science

²Department of Ocean Systems Engineering, Korea Advanced Institute of Science

Received 18 January 2012; received in revised form 7 May 2013; accepted 9 May 2013

ABSTRACT

Different CAD systems are used in ship outfitting design on different usage and purpose. Therefore, data exchanges between CAD systems are required from different formats. For data exchange, boundary representation standard formats such as IGES and ISO 10303 (STEP) are widely used. However, they present only B-rep representation. Because of different CAD systems have their own geometry format, data exchanges with design intend are difficult. Especially, Tribon and PDMS use primitives for express their geometry in ship outfitting design. However, Tribon primitives are represented their parameter by values that are non-parametric. Therefore, data size of catalogue library is bigger than different CAD system using parametric primitive representation. And that system has difficulty on data reprocessing. To solve that problem, we discuss about shape DB which contains design parameters of primitive for exchange Tribon primitives. And geometry data exchange between Tribon and Shape Database that defines based on PDMS scheme are specified using primitive mapping that can represent design intend.

Key Words: Data exchange, Neutral database, Parametric design, Primitive mapping

1. 서 론

선박 의장 설계에 사용되는 CAD(computer-aided design) 시스템은 용도에 따라 그 종류가 다양하다. 그로 인해 같은 의장 설계 데이터를 다른 CAD

시스템으로 이동해야 하는 경우도 발생한다.

특징형상을 이용하는 기계 CAD 시스템과는 달리 Tribon^[1]과 PDMS^[2]와 같은 의장 설계용 CAD 시스템은 기하를 표현하기 위해 단순 모양의 단위 기하인 프리미티브(primitive) 집합에 기반한 CSG(constructive solid geometry) 모델을 사용한다. 그러나 시스템마다 프리미티브의 종류 및 정의가 다르고 데이터를 저장하는 방법이 달라 선박 의장

[†]Corresponding Author, shhan@kaist.ac.kr
©2013 Society of CAD/CAM Engineers

설계용 CAD 시스템 간의 기하 정보교환은 힘든 작업이다.

서로 다른 선박 의장 설계 CAD 시스템들간에 데이터 교환이 어려운 이유를 Tribon과 PDMS의 데이터 구조를 예로 설명하면 다음과 같다. Tribon의 기하 데이터에는 프리미티브를 표현하기 위한 속성 값이 직접 기재되어 모델 변경 시 프리미티브들의 속성 값을 독립적으로 변경해야 한다. 반면에, PDMS의 경우 모델 변경 시 매개변수 값을 변경하여 모델을 용이하게 변경할 수 있다. 즉, 매개변수를 사용하지 않으면 기하 카탈로그를 구축하였을 때 그 데이터의 양이 커지고 재사용이 어렵게 된다.

선박 의장 CAD시스템 간의 설계데이터 교환을 위해서 ISO 10303 STEP^[3] 및 IGES와 같은 표준 포맷들을 교환에 사용할 수 있다. 그러나 이 포맷들이 일반적으로 B-rep(boundary representation) 모델을 사용하기 때문에 설계의도를 반영하지 못하며 데이터의 재 가공이 어렵다. ISO 10303 STEP 파트 42에서는 의장 설계 CAD 시스템의 기하표현에 사용되는 CSG 모델도 지원하고 있지만 잘 사용되지 않는다.

이 연구에서는 서로 다른 선박 의장 설계 CAD 시스템들간에 설계 데이터의 교환을 위해서 기하 정보를 저장하는 매개변수화된 프리미티브 기반의 중립 기하 데이터베이스를 구축한다. 중립 기하 데이터베이스는 기하 정보를 저장하기 위한 데이터 저장소의 역할을 한다. 그리고 기하의 명세에 필요한 매개변수를 정의하고 매개변수를 활용

한 정보 매핑 및 교환을 수행한다. 마지막으로 프로토타입 시스템의 구현 및 의장 설계 CAD 데이터의 교환 실험을 통해 제안하는 방법에 유효성에 대해서 살펴본다.

2. 관련 연구

기계 CAD 분야에서 데이터 교환 시 사용되는 ISO 10303 STEP AP203은 주로 B-rep 모델을 이용하여 기하를 표현하고 특징형상 정보, 제약 조건, 설계 이력과 같은 설계의도를 포함하지 못한다. 설계 의도가 포함된 CAD 모델의 교환을 위해서 모델 생성 및 변경 이력을 기록한 매크로 파일을 이용하여 CAD 데이터를 교환하는 매크로 파라메트릭 방법^[4-8]이 제안되었다. 그러나 이 방법은 기본적으로 특징형상 기반 CAD 모델을 대상으로 한 것이어서 프리미티브 집합을 사용하는 선박 의장 설계 CAD 시스템에는 직접적으로 적용하기는 어렵다.

선박 설계 정보 교환에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다. Hwang^[9]은 장비 모델의 교환을 위해서 하이브리드 모델을 사용하는 방법을 제안하였다. 기하정보는 ISO 10303 STEP AP203을 이용하여 표현하였고 비 기하정보의 표현을 위해서 ISO 13584 PLIB을 사용하였다. AVEVA는 XMpLant 사용하여 서로 다른 선박용 CAD 시스템들간의 데이터 교환 실험^[10]을 하였다. 이 연구에서는 기하 정보 표현을 위해서 ISO 10303 STEP 파트42를 참고하였다. Cheon^[11]은 선박의 선체 설계 데이터

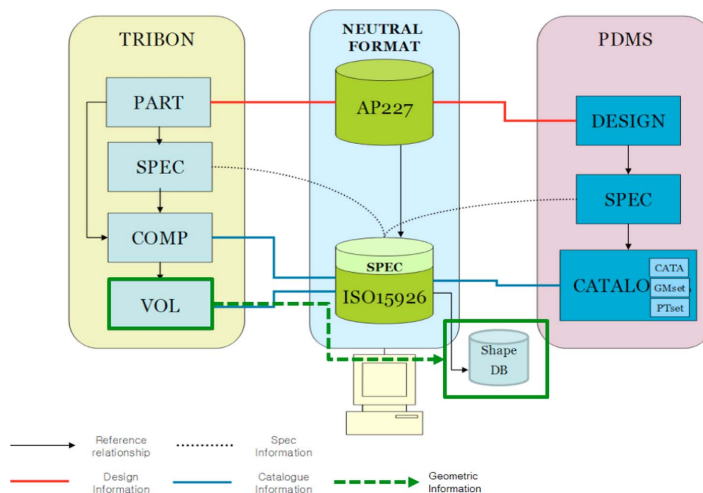


Fig. 1 Data exchange architecture based on neutral format^[12]

의 저장을 위해 ISO 10303 STEP AP218 기반의 데이터베이스를 구축하였다. Li^[12]는 Tribon과 PDMS간의 의장 설계 데이터 교환을 위해 Fig. 1과 같은 데이터 교환 프로세스를 정의하고 Tribon의 데이터를 PDMS로 교환하였다. 본 연구의 결과는 이 프로세스의 *Shape DB*를 구축하는데 적용되었다.

Fig. 1에서 Tribon의 의장 설계 정보는 PART, SPEC(specification), COMP(component), VOL(volume)으로 구성된다. PART는 의장 설계 데이터 중에서 논리적 구성(logical configuration) 정보를 담고 있고 ISO 10303 STEP AP 227를 이용하여 표현한다. SPEC과 COMP는 기자재 사양 정보를 담고 있으며 ISO 15926를 이용하여 표현한다. VOL은 기자재의 기하 정보를 담고 있으며 이 연구에서 구축한 중립 기하 데이터베이스를 이용하여 표현한다. 중립 모델로 표현된 의장 설계 데이터는 PDMS의 DESIGN, SPEC, CATALOGUE로 매핑이 되어 교환된다.

3. 중립 기하 데이터베이스의 설계

3.1 PDMS의 카탈로그 데이터베이스 분석

PDMS의 카탈로그는 사용 가능한 모든 컴포넌트들에 대한 기하 및 치수 정보들을 담고 있다. PDMS의 카탈로그 데이터는 데이터베이스에 저장된다.

모델링 관점에서 이 카탈로그 데이터베이스가 어떻게 활용되는지 살펴보면, PDMS DESIGN 상에서 설계자가 한 컴포넌트를 선택하면 SPREF(specification reference)가 데이터베이스에 정의된다. 이 SPREF정보는 SPCOM(specification component)을 포인팅한다. SPCOM은 카탈로그 내의

Table 1 Description of SCOM, GMSET, and PTSET

PDMS 요소	포함정보
SCOM	Class definition Class hierarchy Component definition Properties Volume reference(GMSET, PTSET) Component parameter set
GMSET	ID Primitive type Parameter set
PTSET	ID Point index Point type Parameter set

Catalogue Component (컴포넌트, 조인트 등)에 참조 정보를 가진다. Fig. 2는 DESIGN, SPREF, SPCOM의 관계를 다이어그램으로 설명한 것이다.

기하 표현을 위한 최소의 기능 단위는 카탈로그 컴포넌트이다. 카탈로그 컴포넌트의 명세를 위해서는 Table 1과 같이 SCOM(component), GMSET(3D Geomsets), PTSET(3D Pointsets) 정보가 필요하다.

3.1.1 Component (SCOM)

SCOM은 컴포넌트를 정의하기 위한 매개변수의 리스트를 갖고 있다. 또한 컴포넌트의 일반적 타입을 명시하고 있다(예. CAP - end cap, COUP - coupling, DUCT - ducting, VALV - valve 등). 또한 기하 정의에 필요한 참조 정보를 가지고 있다.

3.1.2 3D Geomsets (GMSET)

GMSET은 프리미티브 요소의 집합이다. GMSET은 기하 정보를 표현하기 위한 파라미터 집합을 가지고 있다. 그리고 차원, 방향 등의 기하 정보는

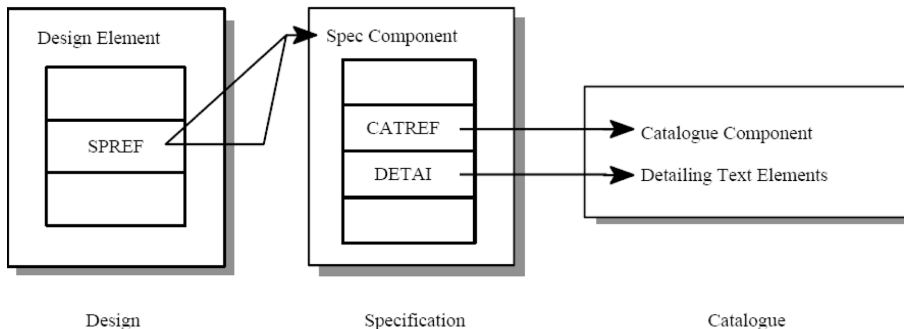


Fig. 2 Relationship diagram among Design, Specification, and Catalogue

프리미티브 단위로 표현된다.

3.1.3 3D Pointsets (PTSET)

PTSET은 포인트를 표현하기 위한 파라미터 집합을 가지고 있다. 이를 위해서 PTSET은 P-point를 사용하며, P-point는 공간 상의 위치 및 방향 정보를 포함한다.

3.2 중립 기하 데이터베이스의 스키마 정의

카탈로그 정보 표현을 위해서 ISO 15926을 사용할 경우 기하 정보 표현을 위해 ISO 15926 파트 3^[13]을 참고할 수 있다. ISO 15926 파트 3는 ISO 10303 STEP 파트 42를 참고하여 개발되었다. 그러나 ISO 10303 STEP 파트 42에 정의되어 있는 형상 및 기하 엔티티들 간의 관계가 일부 정의되

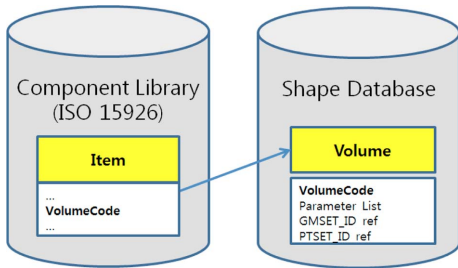


Fig. 3 Relationship between ISO 15926 based Catalogue Library and Shape Database

어 있지 않다. 이러한 문제 때문에 현재 ISO 15926 개발자 그룹에서 파트 7 및 파트 8을 활용하여 기하 엔티티들 간의 관계를 나타낼 수 있는 템플릿을 개발 중이다^[14]. 이와 같이 현재 ISO 15926 기반 기하 표현에 한계가 있어 카탈로그 외부에 기하정보를 독립적으로 저장하는 데이터베이스를 구축하였다.

중립 기하 데이터베이스는 Tribon 및 PDMS의 의장 기하 데이터를 매개변수화 된 형태로 저장할 수 있도록 하였다. 이에 따라 각 카탈로그 아이템은 기하 정보 전체를 포함하지 않고 기하 데이터베이스의 기하 아이템을 속성으로 참조하게 된다.

ISO 15926 기반으로 구현된 카탈로그 라이브러리와 중립 기하 데이터베이스와의 관계가 Fig. 3에서 보여진다. 이 그림의 왼쪽이 ISO 15926기반의 카탈로그 라이브러리이다. 라이브러리의 각 아이템은 중립 기하 데이터베이스에 저장된 기하아이템에 대한 참조 정보(VolumeCode)를 가진다. 이 참조 정보는 PDMS의 SCOM에 저장된 ID와 대응된다. 중립 기하 데이터베이스에는 참조 정보 외에 기하 정보를 표현하는 GMSET, PTSET이 부분 집합으로 존재한다.

위에서 설명한 설계 방향에 따라 중립 기하 데이터베이스의 스키마를 정의한 결과가 Fig. 4이다. Tribon의 의장 설계 시스템에는 기하정보가 매

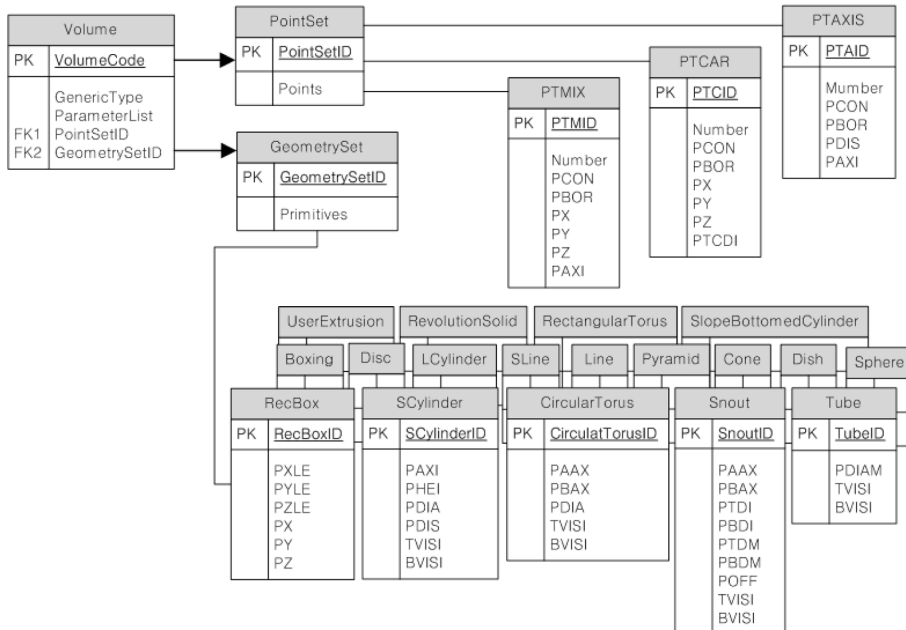


Fig. 4 Neutral shape database schema

개변수화 되어있지 않아 PDMS의 의장 설계 정보의 표현을 고려하여 중립 기하 데이터베이스 스키마를 설계하였다. 중립 기하 데이터베이스를 바탕으로, 이 논문의 4장에서 설명할 기하변환 과정을 거치면 Tribon, AVEVA Marine 등의 다른 의장 설계 CAD 시스템에서 표현하고 있는 기하 정보도 답을 수 있다.

4. CSG 프리미티브 기반 기하 변환

4.1 Tribon과 PDMS의 기하 표현 방법

Tribon의 경우 같은 위상이지만 사이즈가 다른 컴포넌트를 서로 다른 데이터로 취급하기 때문에 기하 정보를 저장하는 데이터베이스가 크며 비효율적이다. 왜냐하면 모델 변경 시 모델 정의를 위한 프리미티브의 값을 개별적으로 변경해야 하기 때문이다.

Fig. 5는 Tribon의 기하 데이터를 XML^[6] 형식으로 표현한 예이다. 이 그림의 데이터는 2개의 실린더에 대한 정보를 담고 있는데, 실린더의 표현을 위해서 예시에서 볼 수 있듯이 데이터가 매개변수로 표현되지 않고 속성 값으로 직접 표현됨을 볼 수 있다.

설계자의 입장에서 ①, ② 두 실린더를 같은 기하를 지닌 다른 위치의 컴포넌트로 의도하여 설계하였다고 가정하자. 데이터 레벨에서는 ①, ②는 서로 독립적이기 때문에 연관이 없는 데이터이며, 설계자가 ①, ②를 같은 기하를 가진 컴포넌트라고 의도 했을지라도 ①의 일부 정보를 수정하였을 때 ②의 값은 변하지 않으므로 매개변수화 되어있지 않다고 볼 수 있다.

Tribon과 달리 PDMS는 기하 표현방법이 매개변수화 되어 있어 같은 정보를 갖는 여러 기하 객체를 매개변수 집합 1개로 표현 및 수정이 가능하다. PDMS에서 같은 정보를 가지는 2개의 실린더

```

<Cylinder>                                     ①
<Origin X="-28" Y="0" Z="0" />
<V1 X="-16.2035" Y="1.798501" Z="-7.62968" />
<Radius Value="28.250" />
</Cylinder>
<Cylinder>                                     ②
<Origin X=" 15" Y="0" Z="0" />
<V1 X="-16.2035" Y="1.798501" Z="-7.62968" />
<Radius Value="28.250" />
</Cylinder>
    
```

Fig. 5 Geometry data example of Tribon

NEW SCYLINDER	①
PDIS Param 1	
PDIA Param 2	
PHEI Param 3	
NEW SCYLINDER	②
PDIS Param 1	
PDIA Param 2	
PHEI Param 3	

Fig. 6 Geometry data example of PDMS

를 표현한 예가 Fig. 6이다. 이 그림에서 실린더 속성이 매개변수화 되어 있어 데이터 교환 시에 ①, ②는 같은 의미를 지니고 서로 관련되어 있는 것으로 처리된다. 또한 모델 변경이 일어났을 때 매개변수의 값을 변경함으로써 쉽게 변경이 가능하다.

지금까지 Tribon과 PDMS의 기하 표현 방법에 대해서 알아보았다. 매개변수화 하는 방법이 데이터 교환 시에 가지는 장점을 정리하면 다음과 같다.

- 데이터 양: 동일한 기하 컴포넌트를 여러 번 정의할 필요가 없기 때문에 저장해야 하는 데이터 양이 줄어든다.
- 설계 정보의 변경: 매개변수 값의 변경만으로 기하를 쉽게 변경 가능하다.
- 데이터 교환의 확장성: 파라메트릭 모델링 기법을 지원하는 다른 CAD 시스템과의 설계 정보 교환이 용이하다.

4.2 CSG 프리미티브 매핑

매개변수를 이용한 프리미티브 기반 기하 표현 방법이 장점이 많아 매개변수화된 기하 정보를 표현 할 수 있는 PDMS를 참조하여 중립 기하 데이터베이스의 스키마를 정의하였다. 이 연구의 교환 대상 시스템인 Tribon은 PDMS와는 다르게 매개변수 없이 기하 정보를 표현하고 지원하는 프리미티브의 종류가 달라서 Tribon의 기하 정보 변환을 위한 프리미티브 매핑 방법을 개발하였다.

Tribon의 기하를 PDMS의 기하로 변환하는 가장 직관적인 방법은 컴포넌트 수준에서 변환을 하는 것이다. 만약 Tribon, PDMS 양쪽 모두에 같은 기하를 표현하는 모델이 있다면 쉽게 변환이 가능하다. 컴포넌트의 형상을 표현하는데 사용된 프리미티브 집합 및 p-point 집합을 컴포넌트 패밀리(component family)라고 하면, 새로운 컴포넌트가 추가될 때마다 Tribon에서 PDMS로 컴포넌트 패

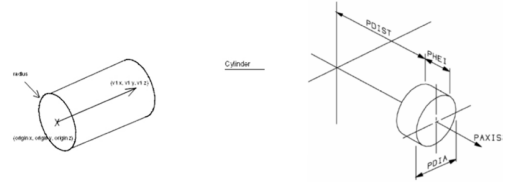
Table 2 Mapping relationship between Tribon and PDMS primitive sets

Tribon 대응 프리미티브	PDMS 대응 프리미티브
Cylinder	Scylinder
Cone	Lsnout
Cap	Dish
Torus	Sctorus
General Cylinder	User-defined Extrusion
ParallelEpiped	User-defined Extrusion

밀리에 대한 새로운 매핑 관계를 정의해야 한다. 그러나 컴포넌트 패밀리 수준의 매개변수 집합은 유일하지 않고 다양하게 정의될 수 있다. 즉, 동일 컴포넌트라 하더라도 Tribon에서 PDMS로 다수의 매핑 관계가 정의될 수 있다. 따라서 컴포넌트 수준의 매핑 관계 정의는 데이터 교환 관점에서 비효율적이다.

반면에 프리미티브 수준에서 매핑 관계를 정의하면 1:1 매핑이 가능하여 위와 같은 문제가 발생하지 않는다. 예를 들어, Tribon의 매개변수화 되어있지 않은 원통은 PDMS의 매개변수화 된 원통으로 매핑할 수 있다. Tribon 프리미티브들과 PDMS 프리미티브들과의 매핑 관계를 정리한 것이 Table 2이다.

Tribon의 프리미티브인 Cylinder와 PDMS의 대응 프리미티브인 Scylinder간의 프리미티브 매핑 예시를 통해 상세한 프리미티브 매핑 방법을 설명한다. 매핑 과정에서 먼저 Tribon의 프리미티브에 대응되는 PDMS 프리미티브를 선정한다. 그리고 프리미티브에 대한 GMSET 데이터와 PTSET 데



- **Tribon Cylinder**
 Origin: 한 원의 중심 및 시작점
 V1: 시작점으로부터 출발한 벡터
 Radius: 원통의 반경
- **PDMS Scylinder**
 PAXI - 원통의 축 방향
 PHEI - 원통의 높이
 PDIA - 원통의 직경
 PDIS - 축 방향의 거리

Fig. 7 Definitions of Tribon Cylinder and PDMS Scylinder primitives

이터를 생성한다. 마지막으로 Fig. 7과 같이 프리미티브의 매개변수 리스트를 생성한다.

프리미티브 매핑 관계를 정의한 후 기하 데이터를 변환하게 된다. 프리미티브 데이터의 변환 과정에서, Fig. 8의 실린더 변환의 예와 같이, Tribon의 볼륨 데이터를 PDMS의 GMSET 및 PTSET 정보로 변환한다. 이 그림에서 SCYLINDER의 PDIS는 컴포넌트 상의 프리미티브 원점을 뜻하므로 Tribon 프리미티브의 원점에 대한 길이를 계산하여 변환한다. PDIA는 직경을 의미하므로 Tribon의 반지름 값을 2배로 하여 변환한다. PHEI는 실린더의 높이를 의미하므로 Tribon 프리미티브의 벡터 길이를 계산하여 변환한다. 실린더의 방향 정보는 Fig. 8의 PAXI에 p-point타입인 P1으로 명세한다.

P1의 상세 명세 방법은 Fig. 9에 나타나 있다. Fig. 9의 Tribon 실린더의 원점 좌표는 GMSET의 PDIS 및 PTSET의 PX, PY, PZ로 변환된다. Tribon 실린더에서 방향 및 크기를 나타내는 벡터 정보는

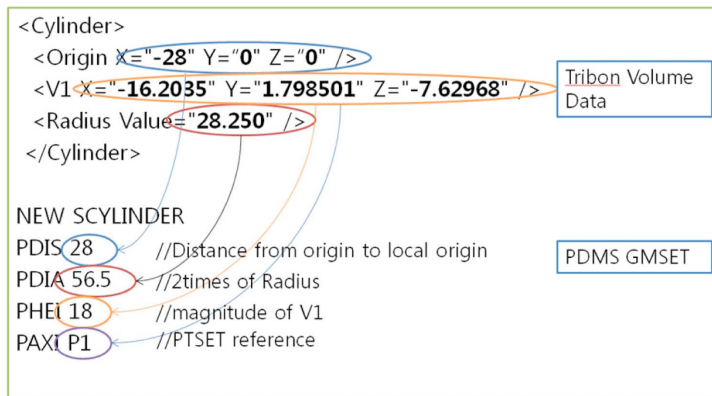


Fig. 8 Data exchange of GMSET

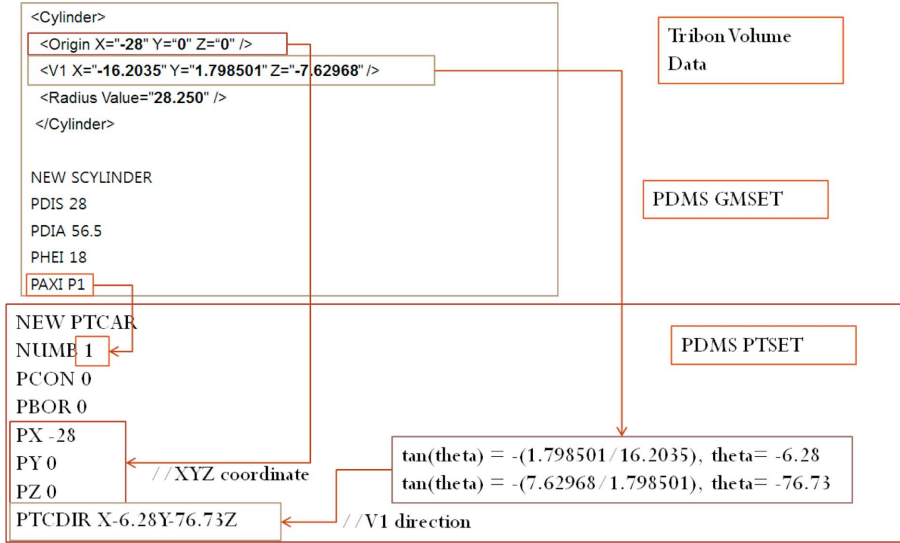


Fig. 9 Creation of p-point data of PDMS PTSET

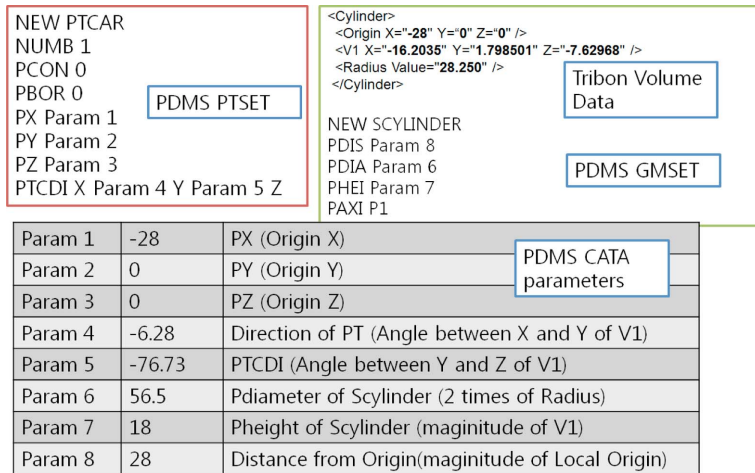


Fig. 10 Parameterization of primitives

PDMS GMSET의 PHEI, PTSET의 PTCDIR로 변환된다. 여기서 방향 정보가 축간의 각도로 나타내기 때문에 각도 계산을 한다. 그리고 PDMS의 프리미티브는 매개변수화된 표현 방식을 사용하기 때문에 Tribon의 Cylinder 프리미티브의 속성 값을 바탕으로 매개변수를 정의한다. PDMS Scylinder 프리미티브에 대해서 매개변수를 정의한 결과가 Fig. 10에 나타나 있다. Fig. 9의 PDMS GMSET, PTSET의 값들이 각각 매개변수로 매핑된다.

위에서 설명한 실리더의 매핑 방법을 바탕으로 Table 1에 정리된 모든 프리미티브들에 대해서 매

핑 관계를 정의하였다.

5. 의장 설계 데이터 교환 실험

제안하는 의장 기하 정보의 교환 방법의 검증을 위해서 프로토타입 시스템을 구현한 후 샘플 의장 설계 데이터의 교환 실험을 수행하였다.

프로토타입 시스템의 구현환경은 다음과 같다. 중립 기하 데이터베이스 구축을 위해 MySQL를 사용하였고 웹 서버와 웹 서비스 서버로 각각 Apache Tomcat과 Apache Axis2를 사용하였다. 그리고 SPARQL 질의를 위해서 Joseki를 이용하였

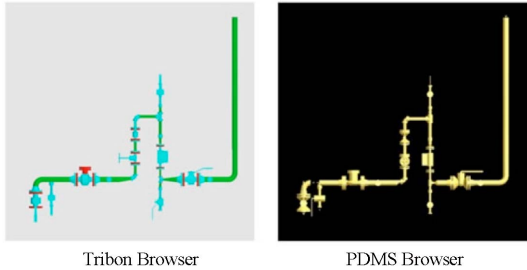


Fig. 11 Test Model Browsing with Tribon, PDMS

다. 프로그래밍 언어로는 C++ 및 Java를 사용하였다.

프로토타입 시스템을 이용하여 샘플 의장 설계 데이터를 교환한 결과가 Fig. 11에 나타나 있다. 이 그림의 왼쪽은 Tribon의 화면이고 오른쪽은 PDMS의 화면이다. 이 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 CSG 프리미티브는 변환이 되었지만 자유곡면은 변환이 어려웠다.

샘플 의장 설계 데이터는 배관 정보를 주로 담고 있지만 CSG 프리미티브 기반으로 모델링된 다른 기자재의 변환도 가능하다.

6. 결 론

조선 의장 설계용 CAD 시스템간의 데이터 교환을 위해서 매개변수화 된 프리미티브 기반의 중립 기하 데이터베이스를 설계하고 CSG 프리미티브 매핑을 통한 기하 정보 교환 방법을 제안하였다. 그리고 프로토타입 시스템을 구현하고 Tribon의 의장 설계 데이터를 PDMS로 교환하는 실험을 통해서 제안하는 기하 정보 교환 방법의 유효성을 검증하였다.

앞으로 ISO 10303 STEP 파트 42 ed3에 정의된 CSG 프리미티브 관련 스키마를 참조하여 이 연구에서 정의한 중립 기하 데이터베이스 스키마의 개선이 필요하다. 그리고 실험 결과에서 나타난 문제인 CSG 프리미티브의 조합으로 표현이 불가능한 형상(예로 자유 곡면)의 교환에 관한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는, 대우조선해양의 DSME-KAIST 산학협력 협의회 과제, 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 세계수준의 연구중심대학육성사업(WCU)

으로부터 지원받아 수행 되었습니다(R31-2008-000-10045-0).

References

1. Tribon, http://www.aveva.com/news_content.php?id=80
2. PDMS(Plant design management system), http://www.aveva.com/products_services_aveva_plant_pdms.php
3. Owen, J., 1997, STEP: An Introduction, 2edition, Information Geometers.
4. Mun, D., Han, S., Kim, J. and Oh, Y., 2003, A Set of Standard Modeling Commands for the History-based Parametric Approach, *Computer-Aided Design*, 35(13), pp.1171-1179.
5. Mun, D.W. and Han, S.H., 2001, Exchange of CAD Models Using Macro Parametric Approach, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 6(4), pp.254-262.
6. Mun, D.W., Kim, B. and Han, S.H., 2002, A Hybrid Parametric Translator Using the Feature Tree and the Macro File, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 7(4), pp.240-247.
7. Choi, G., Mun, D. and Han, S., 2002, Exchange of CAD Part Models Based on the Macro-Parametric Approach, *International Journal of CAD/CAM*, 2(1), pp.13-21.
8. Mun, D., Han, S., Kim, J. and Oh, Y., 2003, A Set of Standard Modeling Commands for the History-Based Parametric Approach, *Computer-Aided Design*, 35(13), pp.1171-1179.
9. Hwang, H., Lee, H. and Han, S., 2004, Digital Exchange of Design Models between Marine Equipment Libraries Using Hybrid Neutral Formats, *Journal of Marine Science and Technology*, 9(4), 182-189.
10. Aldridge, B., 2004, XMpLant-integration and interoperability. <http://support.aveva.com>
11. Cheon, S., Han, S., Lee, H., Hwang, H. and Kim, Y., 2005, Ship Design Data Management Based on STEP AP218. In: *International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS)*, Busan, Korea.
12. Li, J., Kim, I., Lee, S., Han, S., Lee, C., Cheon, S., Lee, W., An, K., Cho, G., Hwang, J. and Mun, D., 2010, Sharing Piping CAD Models of Ocean Plants based on International Standards, *Journal of Marine Science and Technology*, 16(1), pp.76-83.
13. ISO, Industrial Automation Systems and Integration-integration of Life-cycle Data for Process

Plants Including Oil and Gas Production Facilities - part3: Reference Data for Geometry and Topology, ISO/TS 15926-3, 2009.

14. Kwon, S.J., Mun, D.W. and Han, S.H., A Visualization Approach of Plant's 3D Shape Data

Represented by ISO 15926 Templates, 2013 *Proceedings of the Society of CAD/CAM Conference*, 109-112, 2013.



이 승 훈

2007년 2월 한국과학기술원 기계공학과 학사

2007년~현재 한국과학기술원 기계공학과 석박사통합과정

관심분야: Computer-aided design, Product lifecycle management



한 순 홍(펠로우)

1977년 서울대학교 공과대학 조선공학과 학사

1979년 서울대학교 공과대학 조선공학과 석사

1990년 미국 미시건대학 박사

1979년~1992년 해사 기술연구소 연구원

1993년~1995년 KAIST 자동화설계공학과 교수

1996년~현재 KAIST 기계공학과 교수

관심분야: CAD, STEP, VR (Virtual Reality) for engineering design, Collaborative CAD, Knowledge-based design system