조선해양 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템 개발

김병철¹ · 권순조² · 박선아³ · 문두환^{3†} · 한순흥²

¹동아대학교 기계공학과, ²한국과학기술원 해양시스템공학과, ³경북대학교 정밀기계공학과

Development of 3D CAD Part Data Simplification System for Ship and Offshore Plant Equipment

Byung Chul Kim¹, Soonjo Kwon², Sunah Park³, Duhwan Mun^{3†}, and Soonhung Han²

¹Department of Mechanical Engineering, Dong-A University

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

³Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University

Received 6 February 2013; received in revised form 29 March 2013; accepted 30 March 2013

ABSTRACT

It is necessary to construct equipment catalog in ship outfitting design and offshore plant design. The three-dimensional CAD data of equipment take on different level-of-detail depending on the purpose. Equipment suppliers provide CAD data with high complexity while ship designers need CAD data with low complexity. Therefore, it is necessary to simplify CAD data. However, it takes much time to simplify them manually. To resolve the issue, a system for automatically simplifying the 3D CAD data of equipment was developed. This paper presents the architecture of the system and the implementation details. In addition, experiment result using the prototype system is explained.

Key Words: 3D CAD part, Ship and offshore plant equipment, Simplification, System architecture

1. 서 론

조선해양산업에서는 3D 기반의 조선 CAD 시스템을 활용하여 기본 및 상세 설계를 하고 있다. 3D 조선 CAD 시스템은 설계 자동화, 직관적인 3D 가시화, 간섭 체크 등의 설계 검증 기능을 제공하여 설계 품질을 높이고 설계 시간을 단축할 수 있다. 3D 기반 조선 CAD 시스템은 기자재의 3D CAD 데이터, 사양 데이터, 그리고 포트 데이터가

통합된 라이브러리인 기자재 카탈로그를 제공한다. 설계자는 이 기자재 카탈로그를 통해 필요한 기자재를 검색한 후 설계에 활용한다.

기자재 제작사와 조선소는 서로 다른 상세도 (LOD, level of detail)를 갖는 기자재 3D CAD 데이터를 사용한다^[1,2]. 기자재 제작사는 기자재의 설계 및 제작을 담당하며 높은 복잡도를 가지는 기자재 3D CAD 데이터를 사용한다. 반면에 조선소는 선박 및 해양플랜트에 사용되는 기자재의 배치 및 인터페이스 설계를 담당하며 낮은 복잡도를 가지는 3D CAD 데이터를 사용한다. 따라서 기자재 카탈로그 구축을 위해서는 기자재 업체로부터 제

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

공받은 3D CAD 데이터를 단순화하는 작업이 필요하다.

현재, 조선소는 기자재 제작사로부터 2D 도면 또는 3D CAD 데이터를 받는데 기자재 제작사가 대부분 영세하여 3D CAD 데이터 보다는 2D 도면을 주로 받는다. 조선소는 전달받은 2D 및 3D 데이터를 참고하여, 내부 부서나 외부 협력사를 통해, 일반 상선이나 해양 플랜트에 적합한 낮은 상세도를 갖는 기자재 3D CAD 데이터를 생성한다. 내부 부서나 외부 협력사는 간략화 된 기자재 3D CAD 데이터를 생성한 후, 기자재 사양 데이터, 포트 데이터, 유지보수 공간 데이터 등의 정보를 추가하여 기자재 카탈로그를 구축한다. 이와 같이 수작업으로 기자재의 CAD 데이터를 단순화하고 있으며 자동화가 이뤄지지 않고 있어 기자재 카탈로그 구축에 많은 시간이 소비되고 있다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 기자재 제작사로부터 받은 CAD 데이터를 간략화하는 자동화 도구의 개발이 필요하다.

이 논문에서는 조선해양 기자재 3D CAD 단품형상을 간략화하는 자동화 시스템의 전체 구조, 세부 데이터 구조 및 데이터 처리 절차를 제안한다. 이 연구에서는 형상뿐만 아니라, 부피 정보, 포트 인접 정보, 외곽경계 인접 정보를 이용한 조선해양 기자재에 특화된 간략화 방법을 고려하였고, 이를 위해 CAD 단품 데이터, 포트 인접 데이터 및 외곽경계 인접 데이터의 공유를 위한 XML 형식의 파일 구조를 제안한다. 그리고 제안된 구조를 바탕으로 기능 수준의 기본 설계를 한 결과를 설명한다. 마지막으로 구현한 프로토타입 시스템을 이용해 테스트 모델에 대해 간략화 실험을 수행한 결과를 설명한다.

2. CAD 데이터 간략화 연구

3D CAD 데이터의 간략화 연구는 간략화 대상 객체에 따라 다면체 기반 방법^[3-6]과 특징형상 기반 방법^[7-11]으로 구분된다. 다면체 기반 방법에서는 중요도가 낮은 다각형들을 제거하여 생긴 빈 공간을 단순한 다각형으로 채우는 방식으로 3D CAD 모델을 간략화 하게 된다. 특징형상 기반 방법에서는 3D CAD 모델을 구성하는 특징형상들을 중요도에 따라서 재배열을 한 후에 중요도가 낮은 특징형상을 제거하는 방식으로 3D CAD 모

델을 간략화 하게 된다.

다면체 기반 방법은 특징형상 기반 방법에 비해서 입력 데이터의 형식이 간단하고 방법 적용의 제약사항들이 적어 범용성이 높다. 반면에 특징형상 기반 방법은 간략화 과정에서 외곽 경계 등의 주요 치수의 변경을 최소화할 수 있고 특징형상에 포함되어 있는 설계 정보를 활용할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 특징형상 기반 방법을 사용한다.

3D CAD 데이터의 간략화를 위해서는 간략화 대상 객체의 중요도를 계산하는 평가척도(metric)를 정의해야 한다. 기존 연구들은 대부분 부피나 기하 특성에 기반한 평가척도를 사용하였다^[12]. 최근에 Kang^[13]은 조선해양 기자재의 특성을 고려한 평가척도를 제시하였다. 이 연구에서는 Kang이 제안한 평가척도를 사용한다.

3. 기자재 카탈로그용 3D CAD 데이터의 특징

기자재 카탈로그에 사용되는 3D CAD 데이터의 주요 특징은 다음과 같다.

해양특수선과 일반상선에서 필요한 기자재 3D CAD 데이터의 모델링 상세도 수준은 서로 다르다. 해양특수선의 경우에는 실물의 90% 수준 이상의 높은 상세도가 요구되며 일반상선의 경우 많은 탑재 경험에 있기 때문에 낮은 상세도의 모델이 요구된다.

선박 및 해양 플랜트의 설계 및 건조 관점에서 기자재 내부의 상세 정보 보다는 다른 부품들간의 인터페이스 정보가 더 중요하다. 포트는 노즐과 체결 부분 간의 인터페이스를 식별해주는 배관 설계에 필요한 정보이다.

선박 및 해양 플랜트의 건조 과정에서 기자재의 설치 및 검사를 위해서는 작업자가 움직일 수 있는 공간의 확보가 필요하다. 이를 위해서 3D CAD 데이터에 회색 음영과 같이 별도의 영역을 모델링하여 유지보수 공간을 정의한다. 유지보수 공간의 경우 일반상선보다는 해양플랜트에서 더욱 중요하게 다뤄진다.

기자재 카탈로그에는 형상 정보뿐만 아니라 사양 정보가 중요하다. 따라서 조선소 내부 부서나 외부 협력사에서 기자재의 간략화된 3D CAD 데이터를 생성할 때 사양 정보도 같이 준비한다.

4. 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템의 설계

4.1 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 절차

기자재 제작사가 제공하는 기자재 3D CAD 단품 데이터를 간략화 하는 절차는 Fig. 1과 같다. 기자재 제작사는 조선소가 선박 및 해양 플랜트의 설비에 사용되는 기자재 카탈로그를 구축할 수 있도록 기자재의 설계 정보인 기자재 3D CAD 단품 데이터, 포트 데이터, 기자재 사양 데이터를 조선소에 제공한다. 조선소는 전달 받은 설계 정보를 바탕으로 형상 단순화, 포트정보 추출, 사양 데이터 추출, 데이터 병합, 데이터 업로딩 프로세스를 거쳐 기자재 카탈로그를 구축한다. 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템은 이 중에서 형상 단순화 및 데이터 병합 기능을 제공한다.

4.2 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템의 유스케이스 (use case)

기자재 3D CAD 데이터 간략화 시스템의 개발을 위해서 먼저, Fig. 1의 간략화 절차로부터, 간략화 시스템의 유스케이스를 정의하였다. 유스케이스는, Fig. 2와 같이, 3D CAD 데이터 로딩(loading 3D CAD data), 외곽 경계 정보 읽기(reading outer boundary information), 포트 정보 읽기(reading port information), 사양 정보 읽기(reading specification information), LOD 부여(applying LOD), 그리고 LOD 초기화(resetting LOD)로 구성된다.

외곽 경계 정보 읽기는, 기자재의 주요 치수를 보존하기 위해서, CAD 모델로부터 기자재의 외곽 경계를 자동 또는 반자동으로 식별하는 단계이

Fig. 1 3D CAD part data simplification procedure

Fig. 2 Use cases of a 3D CAD part data simplification system

다. 포트 정보 읽기는, 기자재의 포트에 해당되는 형상을 보존하기 위해서, CAD 모델에 포함된 포트를 자동 또는 반자동으로 식별하는 단계이다. 사양 정보 읽기는, 형상 데이터에 비형상 데이터를 병합하기 위해서, PLM(product lifecycle management) 시스템이나 기자재 사양 문서로부터 추출된 기자재 사양 정보를 읽어서 시스템 내부에 저장하는 과정이다.

LOD 부여는, 사용 목적에 따라 간략화 정도를 다르게 하기 위해서, 기자재 3D CAD 데이터의 간략화 비율(수준)을 입력하고 기자재 3D CAD 데이터를 간략화 하는 과정이다.

4.3 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템의 구조

기자재 3D CAD 데이터 간략화 시스템의 기능 요구사항을 바탕으로 시스템의 기능 수준 기본 구조를, Fig. 3과 같이, 정의하였다. 간략화 시스템은 형상 처리 계층(Geometry processing layer), 데이터 인터페이스 계층(Data interface layer), 데이터 계층(Data layer), 응용 기능 계층(Application function layer)으로 구성된다.

형상 처리 계층은 ACIS Shape Modeler와 InterOpAdapter로 구성된다. ACIS Shape Modeler는 형상모델링 커널의 기능을 추상화 한 것이며, 특징형상들간의 간섭, 특징형상의 부피 계산, 불리언 연산(Boolean operation)과 같은 기하 연산 기능을 제공한다. InterOpAdapter는 파일로 저장된 형상 데이터를 불러오는 기능을 제공하며, 특징형상별로 저장된 형상 데이터를 읽는데 사용한다.

데이터 인터페이스 계층은 Model File Reader,

Fig. 3 Main modules of 3D CAD part data simplification system

Boundary File Reader, Port File Reader, 그리고 Specification File Reader로 구성된다. Model File Reader는 InterOpAdapter를 이용하여 기자재의 형상 데이터를 읽는다. Boundary File Reader는 외곽 경계 데이터를 읽는다. Port File Reader는 포트 데이터를 읽는다. Specification File Reader는 기자재 사양 정보를 읽는다. 이들은 각각 Fig. 2의 3D CAD 데이터 로딩, 외곽 경계 정보 읽기, 포트 정보 읽기, 사양 정보 읽기 유즈케이스를 담당한다.

데이터 계층은 데이터 인터페이스 계층을 통해 읽어온 데이터들을 관리한다. 데이터 계층이 관리하는 데이터 형식은 4.4절에 나와 있다.

응용 기능 계층은 Simplifier Engine, Feature Rearranger, Port Manager로 구성된다. Simplifier Engine은 시스템 관리 기능과 함께 평가척도에 따라 특징형상의 중요도를 계산하는 기능, 외곽 경계를 계산하는 기능, 포트에 인접한 특징형상을 계산하는 기능을 제공한다. 이는 Fig. 2의 LOD 부여 및 LOD 초기화 유즈케이스를 담당한다. Feature Rearranger는 특징형상들을 중요도에 따라 재배열하는 기능을 제공한다. 특징형상의 재배열을 위해서 Lee and Lee^[11]가 제안한 알고리즘을 적용하였다. Port Manager는 포트의 추가, 수정 및 삭제와 같은 포트 정보 관리 기능을 제공한다. Feature Rearranger와 Port Manager는 Simplifier Engine의 기능 중 일부를 담당한다.

기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템의 중요 구성요소들 간의 관계를 UML 클래스 다이어그램으로 표현한 결과가 Fig. 5이다. 시스템의

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <feature_list xmlns="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD
    MCAD2SCAD_12-02-06.xsd">
- <feature_item>
  <name>F0_Pad1</name>
  <type>plus</type>
  <order>1</order>
  <file>F0_Pad1.stp</file>
  <volume>795.938cm3</volume>
  <port_closeness>1</port_closeness>
  <outer_boundary>1</outer_boundary>
</feature_item>
```

(a)특징형상 목록 정보 (XML)

F0_Pad1.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F1_Pad2_1.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F2_Pad2_2.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F3_Pocket1.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F4_Pattern1.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F5_Shaft1.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F6_Fillet1_1.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일
F7_Fillet1_2.stp	2012-01-30 오후...	STP 파일

(b)특징형상별 형상 정보 (ISO 10303 STEP)

Fig. 4 Neutral format for 3D CAD part data

중요 구성요소는 Simplifier Engine, Port Manager, FeatureRearranger, ACISShapeModeler, InterOpAdapter, Part Model이다. 중요 구성요소들간의 관계가 이 그림에서 클래스와 클래스간의 연관(association) 관계로 표현된다.

4.4 기자재 3D CAD 단품 데이터의 입력 데이터 형식 정의

4.4.1 기자재 3D CAD 단품 데이터

기자재 3D CAD 단품 데이터는, Fig. 4와 같이, XML 형식의 특징형상 목록 정보와 ISO 10303 STEP 형식의 특징형상별 형상 정보로 구성된다.

특징형상 목록 정보에는 필수 정보로 이름(name), 종류(type), 순서(order), 특징형상별 형상 파일 이름(file)이 기록된다. 특징형상 종류에는 가법 특징형상(plus)과 감법 특징형상(minus)이 있다. 부가적인 정보로는 부피(volume), 포트인접관계(port_closeness), 외곽경계여부(outer_boundary)가 있다.

4.4.2 외곽 경계 및 포트 데이터

외곽 경계 데이터는, Fig. 6(a)와 같이, 외곽 경계 상에 위치하는 특징형상 목록(outer_boundary_target)이 기록된다. 시스템이 외곽 경계 자동 계산 기능을 제공하지만 사용자가 별도로 외곽 경계에

Fig. 5 Class diagram of the simplification system

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <outer_boundary xmlns="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD_OB"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD_OB">
- <cad_model_info>
  <model_name>TestCase2</model_name>
  <file_name>TestCase2.xml</file_name>
</cad_model_info>
- <outer_boundary_list>
  <outer_boundary_item>
    <outer_boundary_target>
      <feature_name>Pad.2</feature_name>
    </outer_boundary_target>
    </outer_boundary_item>
  <outer_boundary_item>
    <outer_boundary_target>
      <feature_name>Pad.3</feature_name>
    </outer_boundary_target>
    </outer_boundary_item>
  </outer_boundary_list>
</outer_boundary>

```

(a)외곽 경계

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <port_list xmlns="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD_Port"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD_Port">
- <cad_model_info>
  <model_name>TestCase2</model_name>
  <file_name>TestCase2.xml</file_name>
</cad_model_info>
- <port_item_list>
  <port_item>
    <port_name>port1</port_name>
    <port_type>nozzle</port_type>
    <port_target>
      <feature_name>Pad.42</feature_name>
    </port_target>
    <coordinates>
      <x>215</x>
      <y>355</y>
      <z>385</z>
    </coordinates>
  </port_item>
</port_list>

```

(b)포트

Fig. 6 Neutral format for outer boundary and port data

관한 정보를 입력하고자 할 때 사용한다.

포트 데이터는, Fig. 6(b)와 같이, 포트에 관한 정보를 제공한다. 포트 데이터에는 이름(port_name), 포트 타입(port_type), 포트에 해당되는 특징형상 목록(port_target), 그리고 포트의 좌표(coordinates)가 기록된다.

4.4.3 기자재 사양 데이터

기자재 사양 데이터는, Fig. 7과 같이, 기본 정보(basic_info), 기자재 타입 정보(category), 그리고 속성 정보(properties)로 구성된다. 기본 정보에는 이름(name), 코드(code), 제조사(manufacturer)가 기록된다. 기자재 타입 정보에는 분류체계(classification_system)와 분류코드(category_name)가 기록된다.

4.5 기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템의 주요 기능

4.5.1 특징형상의 중요도 계산

특징형상 기반 간략화 방법에서는 3D CAD 모

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <specification xmlns="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD_SPEC"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://knu.ac.kr/MCAD2SCAD_SPEC">
- <cad_model_info>
  <model_name>TestCase2</model_name>
  <file_name>TestCase2.xml</file_name>
</cad_model_info>
- <specification_data>
  <basic_info>
    <name>HYD.ACTUATOR for BUTTERFLY VALVE</name>
    <code>HBFA327</code>
    <manufacturer>BYcontrols.Inc</manufacturer>
  </basic_info>
- <category>
  <classification_system>KS</classification_system>
  <category_name>Valve Class</category_name>
</category>
- <properties>
  <property_item>
    <property_name>SIZE</property_name>
    <property_dimension>length</property_dimension>
    <property_value>400</property_value>
    <property_unit>mm</property_unit>
  </property_item>
</properties>
</specification_data>
</specification>

```

Fig. 7 Neutral format for equipment specifications data

델을 구성하는 특징형상들의 중요도를 계산해야 한다. 특징형상의 중요도 계산을 위해서 Kang이 제안한 평가척도^[13]를 구현하여 시스템에 적용하였다. 이 평가척도에서 특징형상의 중요도는 부피, 포트 인접, 외곽 경계를 기준으로 다음과 같은 식에 따라 계산된다.

$$F_i = \frac{\alpha_{i_{\text{rank}}}}{\alpha_{f_{\text{number}}}} \times w_{\alpha} + \beta_i \times w_{\beta} + \gamma_i \times w_{\gamma} \quad (1)$$

여기서 F_i 는 특징형상 i 의 중요도이고, $\alpha_{i_{\text{rank}}}$ 는 부피에 따라 매긴 특징형상 i 의 순위이다. $\alpha_{f_{\text{number}}}$ 는 특징형상의 총 개수다. β_i 의 값은 특징형상 i 가 포트에 해당되면 1, 포트와 첫 번째로 인접하면 2/3, 포트와 두 번째로 인접하면 1/3, 그 외의 경우에는 0이 된다.

γ_i 의 값은 특징형상 i 가 외곽 경계에 해당되면 1, 그 외의 경우에는 0이 된다. $w_{\alpha}, w_{\beta}, w_{\gamma}$ 는 부피, 포트, 외곽 경계에 대한 가중치로 0에서 1 사이의 값을 갖는다.

4.5.2 특징형상들의 재배열

특징형상의 중요도가 계산이 되면 특징형상들을 중요도에 따라서 재배열을 한다. 예를 들어 Fig. 8에서, 특징형상 F0는 초기 모델에서는 첫 번째 순서를 가졌지만 중요도 계산에 따라 순서가 네 번째로 바뀌게 된다. 반면에 F4는 중요도가 가장 높아 순서가 다섯 번째에서 첫 번째로 바뀌게 된다. 특징형상의 재배열 후에, Fig. 8(c)와 같이, 입력 받은 LOD 값에 따라 중요도가 낮은 순서대로 특징형상을 제거하게 된다.

Fig. 8 Reordering of features

이와 같은 특징형상 재배열 과정에서, 단순히 특징형상의 순서만을 변경을 할 경우, Fig. 8(a)의 초기 모델과 Fig. 8(b)의 특징형상 재배열 모델의 형상이 달라질 수 있다. 이는 불리안 합집합과 차집합 연산 사이에는 교환 법칙이 성립하기 않기 때문이다^[11]. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 [11]에서 제안된 특징형상 재배열 알고리즘을 구현하여 시스템에 적용하였다.

4.5.3 포트 인접 특징형상 및 외곽 특징형상의 판별

특징형상 중요도 평가척도에서 중요한 기준 중 하나가 포트 인접 여부인데 특징형상 i 가 포트에 해당되면 1, 포트와 첫 번째로 인접하면 2/3, 포트와 두 번째로 인접하면 1/3, 그 외의 경우에는 0이 된다. 포트에 해당되는 특징형상 정보는 별도의 외부 파일로 입력을 받는다. 포트에 해당되는 특징형상을 식별한 후 인접 특징형상은 형상 모델링 커널이 제공되는 충돌 검사 기능을 이용하여 판별한다.

특징형상 중요도 평가척도에서 또 다른 중요 기준으로 특징형상의 외곽경계 여부인데, 특징형상이 외곽 경계에 해당되면 1, 그 외의 경우에는 0이 된다. 특징형상이 외곽경계 상에 놓이는지 판별하기 위해서 먼저 입력된 CAD 단품 모델의 경계 박스(bounding box)를 생성한 후 이 경계 박스와 특징형상과의 충돌 검사를 한다.

4.5.4 3D CAD 단품 데이터 간략화 절차

데이터 간략화를 위한 시스템의 전체 흐름을

Fig. 9 Sequence diagram for 3D CAD part data simplification

UML 시퀀스 다이어그램으로 표현한 것이 Fig. 9이다. 사용자는 간략화 시킬 CAD 데이터를 읽어온다(ReadModelFile 함수). 이 때, 각각의 특징형상에 대한 형상 정보를 저장해 놓는다(SetOriginalShape 함수). 이는 4.5.2절에 설명한 것처럼, 특징형상 재배열 시 특징형상의 원본 형상이 변경되기 때문이다. 특징형상 정보를 불러온 다음에는 특징형상 중요도 계산에 필요한 부피를 계산하고(UpdateFeatureVolumes 함수), 4.5.3절의 방법에 따라 외곽 특징형상 여부를 판단한다(UpdateOuterBoundaries 함수). 사용자는 LOD 적용 전에, 식 (1)의 $w_\alpha, w_\beta, w_\gamma$ 값을 지정한다(SetWeight 함수).

실제 LOD 적용은 SimplifierEngine의 ApplyLOD 함수에서 수행된다. 우선 4.5.3절의 방법에 따라 포트 인접 여부를 판단한다(UpdatePortCloseness 함수). 그리고 식 (1)을 이용하여 특징형상의 중요도를 계산한 다음, 4.5.2절의 방법에 따라 중요도를 기준으로 특징형상을 정렬한다(Rearrange 함수). 정렬된 특징형상 중 LOD에 따라 우선순위가

높은 특징형상들만 활성화를 시키고(SetActivated 함수), 불리언 연산을 이용하여 형상을 재생성한 다(Update 함수).

5. 구현 및 실험

기자재 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템의 설계 결과를 바탕으로 프로토타입 시스템인 Simplifier를 개발하였다. Simplifier는 형상 모델링 커널인 ACIS R22, 3D 그래픽 엔진인 HOOPS 19를 사용하여 C++ 언어로 개발되었다. 그리고 XML 포맷으로 저장된 중립 CAD 단품 데이터, 외곽 경계 데이터, 포트 데이터, 기자재 사양 데이터를 읽기 위해서 XML 파싱(parsing) 라이브러리인 MSXML 4.0을 사용하였다. Simplifier의 화면 구성이 Fig. 10에 나타나 있다.

Simplifier를 이용하여 버터플라이 밸브의 간략화 실험을 수행하였고, 실험 결과가 Fig. 11에 나타나 있다. Fig. 11에 표시된 백분율은 LOD(상세

Fig. 10 Development of a prototype system for 3D CAD part data simplification

Fig. 11 Test case and its simplification results

Fig. 12 Comparison of simplification results. (a) 3D CAD data simplified automatically by Simplifier (LOD: 35%), (b) 3D CAD data simplified manually by human intervention

도)를 나타내고, 이는 원본 모델의 특징형상 개수와 간략화 된 모델의 특징형상 개수의 비율을 의미한다. LOD는 사용자가 조절 가능하기 때문에 사용 목적에 맞게 적당한 상세수준으로 설정하면 된다. 버터플라이 밸브의 형상을 Simplifier를 이용하여 LOD 35% 수준에서 간략화한 결과가 Fig. 12(a)이다. 그리고 조선소에서 수작업으로 간략화한 결과가 Fig. 12(b)이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이, Simplifier를 이용하여 부품의 주요 형상 특징을 유지하면서 기자재 3D CAD 단품 데이터를 자동으로 간략화 할 수 있었다. 그리고 수작업으로 간략화된 모델과 비교를 하면, 간략화 결과에 약간의 차이는 있으나 두 모델 간의 유사도가 높아 Simplifier의 현업 적용 가능성이 있다고 판단된다.

6. 결 론

이 논문에서 3D CAD 단품 데이터 간략화 시스템을 설계하고 프로토타입 시스템인 Simplifier를 개발하였다. 간략화를 위해서 특징형상 기반 간략화 방법을 적용하였다. 그리고 특징형상의 중요도 계산을 위해서 부피, 포트 인접, 그리고 외곽경계에 기반한 평가척도를 사용하였다. 테스트 모델을 사용한 간략화 실험을 통해서 Simplifier의 유효성을 평가하였다.

Simplifier는 현재 3D CAD 단품 데이터에 대한 간략화 기능을 제공한다. 그러나 일반적으로 기계제품의 설계 시 조립체 모델링 기법을 사용한다. 따라서 앞으로 3D CAD 조립체 데이터를 간략화하는 기능의 확장이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부의 산업원천기술개발사업 (No. 10040162)과 2012학년도 경북대학교 학술연구비의 지원으로 수행된 연구 결과임을 밝힙니다.

References

1. Song, I.H. and Chung, S.C., 2006, Design of Lightweight CAD Files with Dimensional Verification Capability for Web-Based Collaboration, *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers*, 30(5), pp.488-495.
2. Kim, S.R. and Bae, J.H., 2011, A Design and Implementation of a Web-based Ship ERP (SHERP), *Journal of the Korea Information and Communications Society*, 36(b5), pp.710-719.
3. Cignoni, P., Montani, C. and Scopigno, R., 1998, A Comparison of Mesh Simplification Algorithms, *Computer & Graphics*, 22(1), pp.37-54.
4. Schroeder, W.J., Zarge, J.A. and Lorensen, W.E., 1992, Decimation of Triangle Meshes, *Proceedings of the ACM SIGGRAPH 92*, pp.65-69.
5. Hoppe, H., 1996, Progressive Meshes, *Proceedings of the ACM SIGGRAPH 96*, pp.99-108.
6. Hoppe, H., 1997, View-Dependent Refinement of Progressive Meshes, *Proceedings of the ACM SIGGRAPH 97*, pp.189-198.
7. Lee, S.H., 2005, CAD-CAE Integration Approach Using Feature-based Multi-resolution and Multi-abstraction Modelling Techniques, *Computer-Aided Design*, 37(9), pp.941-955.
8. Choi, D.H., Kim, T.W. and Lee, K.W., 2002, Multi-Resolutional Representation of B-Rep Model Using Feature Conversion, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 7(2), pp.121-130.
9. Lee, J.Y., Lee, J.H., Kim, H. and Kim, H.S., 2004, A Cellular Topology-Based Approach to Generating Progressive Solid Models from Feature-Centric Models, *Computer-Aided Design*, 36(3), pp.217-229.
10. Lee, S.H., 2005, Feature-Based Multiresolution Modeling of Solids, *ACM Transactions on Graphics*, 24(4), pp.1417-1441.
11. Lee, S.H. and Lee, K.Y., 2005, A Study on Feature-Based Multi-Resolution Modelling - Part I: Effective Zones of Features, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 10(6), pp.432-443.
12. Thakur, A., Banerjee, A.G. and Gupta, S.K., 2009, A Survey of CAD Model Simplification

Techniques for Physics-based Simulation Applications, *Computer-Aided Design*, 41(2), pp.65-80.

13. Kang, Y., Mun, D. and Han, S., 2012, A Method to Simplify 3D CAD Data of Ship Outfitting

and Offshore Plant Equipment with High Complexity Using Volume, Port, and Main Dimension Information, *Journal of Marine Science and Technology*, In Review.

김 병 철

2001년 고려대학교 기계공학과 학사
2003년 한국과학기술원 기계공학과 석사
2008년 한국과학기술원 기계공학과 박사
2008년 (주)부품디비 책임연구원
2009년~2012년 삼성중공업 산업기술연구소 책임연구원
2012년~현재 동아대학교 기계공학과 조교수
관심분야: Feature-based and parametric design, CAD data exchange, geometric modeling

권 순 조

2011년 인하대학교 조선해양공학과 학사
2011년~현재 한국과학기술원 해양시스템공학과 석사과정
관심분야: Computer-aided design, Ship and Plant CAD, Multi-resolution Modeling, Standard for the Exchange of Product data model, Product lifecycle management

문 두 환

1999년 고려대학교 기계공학과 학사
2001년 한국과학기술원 기계공학과 석사
2006년 한국과학기술원 기계공학과 박사
2006년~2010년 한국해양연구원 선임연구원
2010년~현재 경북대학교 정밀기계공학과 조교수
관심분야: Computer-aided design, Industrial data standards for product data exchange, Product lifecycle management, Knowledge-based engineering, VR for Engineering Applications

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

박 선 아

2011년~현재 경북대학교 정밀기계공학과 학사과정
관심분야: Computer-aided design, Product data exchange