Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering
Vol, 26, No. 2, pp.23－28, March 2003.

JNI를 이용하여 진단된 IGES의 가시화

박상호* · 윤형선* · 이병훈* · 김준형* · 김덕수**

*충남대학교
**한양대학교

Visualization of Diagnosed IGES by Java Native Interface

Sang-Ho Park* · Hyung-Sun Yoon* · Byeong-Hoon Lee* · Joon-Hyoung Keem* · Deok-Soo Kim**

*Chungnam National University
**Hanyang University

This research explains visualization of diagnostic system of 3D CAD data, IGES (Initial Graphics Exchange Specification), by using JNI(Java Native Interface) to connect between C++ and Java programming. The diagnostic system is to analyze IGES clearly by identifying errors and anomalies with respect to the diagnosis of geometry and topology of entities. The output of the system is IGES file including.error information which can be visualized with different colors by several commercial visualization systems. The paper focuses on the visualization of the result IGES which can be extended to web based application over internet.

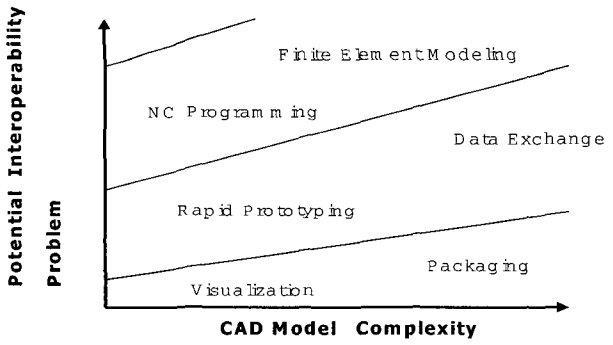
Keywords : IGES, JNI(Java Native Interface), Visualization, Diagnostic system

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

현대의 제조 산업 분야에서 이 기종 시스템간의 데이터 상호 운영성 (Interoperability)[1]은 동시 공학 (Concurrent Engineering) 및 협력 설계 (Collaborative Modeling)의 실현, 제품 개발시간 단축, 저비용 고효율 제품생산 등 교환 데이터의 무결성과 관련되어 많은 부분에 큰 영향을 미치고 있으며, 이에 대한 필요성의 인식이 점차적으로 보편화되고 있다. <Figure 1>에서 보여지는 것처럼 생산제품 모델이 복잡해지고 공정(Processing)이 많아질수록 상호운영성에 대한 필요성은 더욱더 증가되고 있는 실정이다.

현재 CAD/CAE/CAM 분야에서 이 기종 시스템간의 데이터 상호운영성을 위한 교환형식으로는 여러 형식이 사용되고 있다. [2]



<Figure 1> Increasing awareness of interoperability problems

이 중 CAD 데이터 파일을 교환하기 위한 중립형태의 데이터 저장형식으로 IGES(Initial Graphics Exchange Specification), STEP(Standard for the Exchange of the Product data), DXF(Drawing Interchange File), BMI(Batch

Model Interface), PCES(Personal CAD Exchange Specification) 등이 널리 사용되고 있으며, 가장 보편화되어 사용되고 있는 중립 CAD 데이터저장 및 교환방식은 IGES와 STEP 형식이다.[3,4]

CAD와 관련한 CAE 및 CAM 분야의 엔지니어들은 상기된 데이터 교환형식을 포함한 여러 종류의 데이터 교환형식을 통해 저장된 데이터를 직접 이용하거나 또는 변환작업을 거쳐 얻어진 데이터를 기초로 각 분야에 필요한 작업을 수행하고 있다. 하지만 이러한 변환작업된 데이터를 이용해 필요한 작업을 수행하는 데는 많은 문제점이 발생할 수 있게 된다. 즉 본인이 작업한 CAD 데이터를 표준화된 중립 데이터 저장방식에 준하여 데이터를 저장하고 변환작업을 수행했더라도, 교환을 위한 변환과정에서 발생된 에러를 비롯해 다른 원인에 의한 여러 종류의 에러가 발생할 충분한 가능성이 존재한다. 다시 말해 모델링 시스템 자체의 에러, 내부 변환 시스템에 의한 에러, 중립 데이터 형식의 버전차이에 의한 에러 등 사용자가 인지할 수 없는 여러 종류의 에러가 발생하게 된다.[5] 따라서, CAM/CAE/PDM의 후공정(post-processing)으로 데이터의 전달시 문제가 될 수 있는 CAD 데이터에 대한 모델링 에러 및 변환과정에 의해 발생할 수 있는 각종 에러들을 진단하여 CAD 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 시스템이 요구된다.

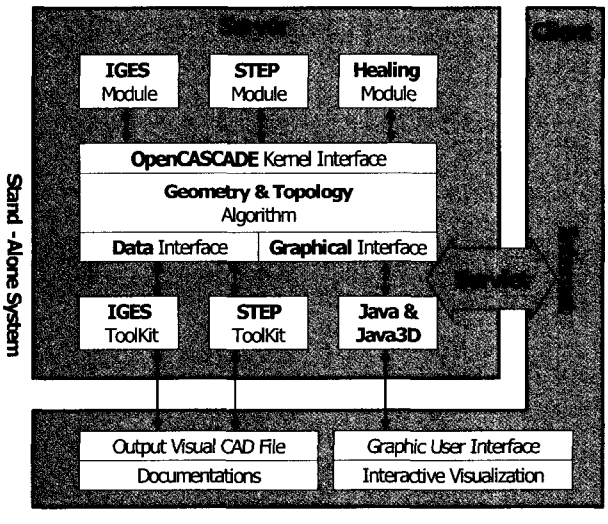
1.2. 연구 동향

국내에서는 현재 소수의 대학에서 IGES, STEP에 대한 진단 프로그램을 연구 개발 중이며, 기업체는 현대 자동차(주)를 중심으로 구체적인 연구가 진행되었다.[6]

국외에서 개발되고 있는 CAD 데이터 진단 프로그램으로는 미국의 XOX Inc.에서 개발한 GDX와 International TechneGroup Inc.(ITI)[7]에서 개발한 CAD/IQ가 가장 널리 알려져 있다. 먼저 XOX Inc.사는 주로 IGES와 관련한 프로그램을 개발하며, 이 회사에서 개발된 GDX 프로그램은 솔리드 모델에 대한 에러를 자동으로 확인하고 정정해 주는 프로그램이다. 하지만 이 프로그램은 유한요소 해석을 위한 메쉬(mesh) 생성 시에 이용될 솔리드 모델에 대해서만 적용을 할 수 있다는 단점을 갖고 있다. 다음으로 CAD/IQ는 CAD 모델 데이터가 유한 요소 해석(Finite Element Analysis)이나 데이터 형식 변환(Data Exchange), 쾌속 가공(Rapid Prototyping) 등의 다양한 목적으로 이용될 때에 발생할 수 있는 여러 가지 문제점을 미리 찾고 그것에 관해 사용자에게 리포트를 하는 프로그램이다. 지원 형식으로는 곡면(Surface)이나 솔리드(Solid)로 구성된 3차원 CAD 데이터를 지원하며, 2D나 와이어프레임(Wireframe) 데이터는 사용하지 않는다. CAD/IQ는 모델 데이터에 대한 수정은 하지 않으며, 문제점에 관한 진단만을 다루고 있다. 세부 모듈(Module)은 크게 CAD 데이터를 읽고 분석하는 부분, 분석된 결과를 문서 데이터 형태와 그래픽 데이터 형태로 출력하는 해석기(Analyzer)부분, 해석기에서 나온 결과를 그래픽 인터페이스를 통해 가시화(Visualization) 하는 뷰어(Viewer)부분으로 구성되어 있다. 구체적으로 지원하는 CAD 데이터의 형식은 표준 CAD 중립 데이터가 아닌 CATIA, I-DEAS, Pro/Engineer, Parasolid 등의 원본(Native) 파일 형식에 제한되어 있다.

1.3 연구 내용

본 연구는 <Figure 2>에서 소개되어진 시스템으로 구현된 신뢰성 진단시스템은 1계층(Tier) 자립형(Stand-alone) 시스템의 형태에서 출발하여 3계층(Tier) 서버(Server)/클라이언트(Client) 형태로 가는 중간과정까지 구현하고 있으며, 세부적인 연구 과정은 현재 가장 널리 사용되는 표준 CAD 중립 데이터인 IGES 모델 데이터에 대해 변환에러를 포함해 모델링 시스템 자체의 에러, 모델 생성자의 기술적 차이에 의한 에러 등 후공정과 관계 있는 여러 종류의 에러를 구현된 진단 알고리즘을 적용하여 기하(Geometry)구조와 위상(Topology)구조에 대한 모델링 에러를 진단하게 되고, 또한 진단된 결과에 대해 가시화(Visualization)가 가능하도록 하였으며, 진단 결과에 대해 문서 저장형태와 가시화용 IGES 파일 저장형태로 출력을 할 수 있는 모델링 에러 진단 시스템을 구현하였다.



<Figure 2> The scope of diagnostic system

특히 진단 대상 IGES 데이터의 다양성과 모델링 시스템 차이에 의한 변환 에러형태를 분석하는 측면에서 IGES 데이터의 종류를 3차원 모델링 시스템의 특징에 따라 세 가지 형태로 분류하였다. 3차원 모델링 시스템의 특징별 분류는 다음과 같이 솔리드 모델링 전문 시스템(Pro/Engineer V2000i), 곡면 모델링 전문 시스템(Pro/CDRS V2000i, Alias AutoStudio V9.5), 해석(CAE)을 목적으로 한 전문 모델링 시스템(CATIA V5.0, I-DEAS V8.0)이며, 개별 시스템에서 생성된 모델 데이터를 각각의 내부 변환 시스템을 이용해 IGES 형태로 변환한 후 구현된 진단 시스템을 적용하여 에러 진단을 실시하고 가시화 하였다.

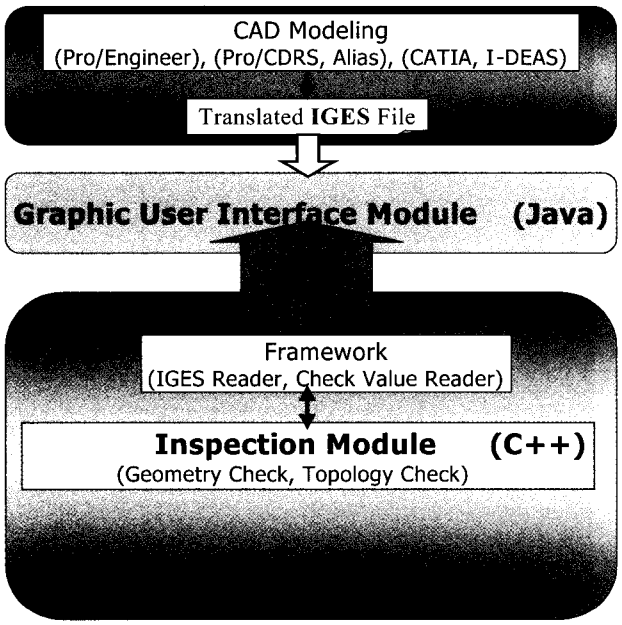
2. 진단 시스템

2.1 개발 환경

진단 시스템의 개발 환경은 다음과 같이 구성되었다.

i) 사용 언어 : Microsoft사의 Visual C++ V6.0
ii) 사용 컴퓨터 : IBM 호환기종 PC 펜티엄Ⅲ
iii) 운영 체제 : Windows 95/98/NT Workstation V4.0
iv) 사용 모델링 커널(kernel) : OpenCASCADE V3.0[8]
v) 그래픽 라이브러리 : OpenGL

2.2 구성 모듈

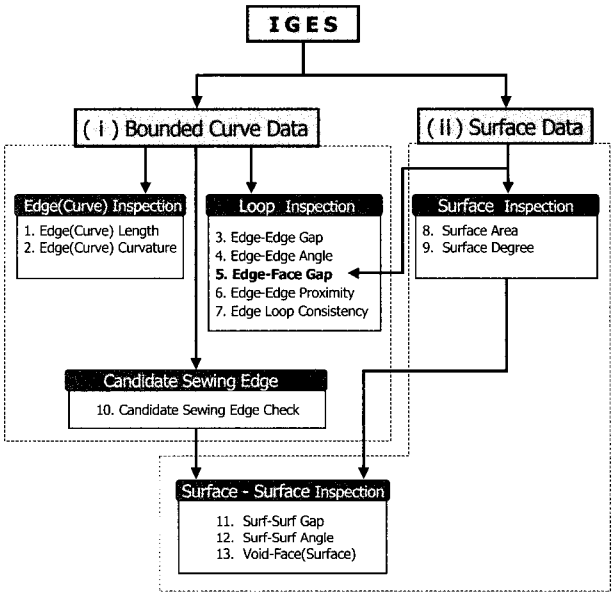


<Figure 3> The modules of diagnostic system

구현된 시스템의 전체 모듈(modules)은 진단(diagnosis) 모듈, 진단 결과 가시화(output) 모듈로 구성되었으며, 각각의 모듈들은 다시 소그룹 모듈 형태로 분리되어진다. <Figure 3>은 진단 시스템의 전체 구성모듈에 대한 전반적인 구조와 흐름을 보여주고 있다.

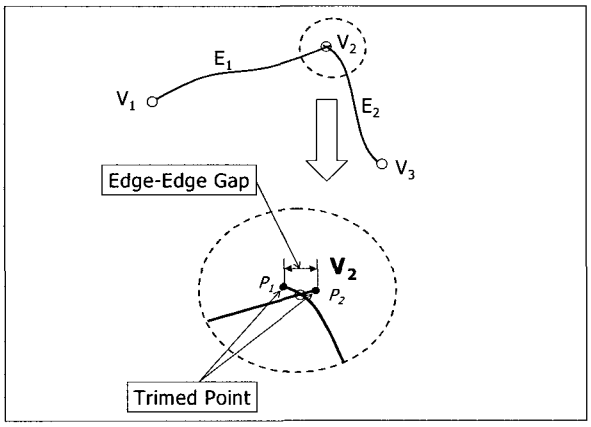
2.3 알고리즘

IGES 모델 데이터는 위상구조 형태의 데이터가 아닌 기하형상 데이터로 구성되어 있다. 즉 점요소(points entity), 선(lines)요소, 곡선(curves)요소, 곡면(surfaces)요소, 솔리드(solids)요소 형태로 이루어져 있다. 이렇게 위상 데이터를 포함하지 않은 형상요소 만을 이용하여 여러 형태의 진단 알고리즘을 구현하기 위해서, 본 연구에서는 IGES의 기하형상 데이터인 곡면에 대한 경계곡선(boundary curve) 데이터(type 102, 126, 141, 142)를 꼭지점(vertex)과 모서리(edge) 그리고 Loop 형태의 위상구조 데이터로 분리했으며, 마찬가지로 경계곡선을 갖는 곡면 데이터(type 143, 144, 510)는 면(faces) 형태의 위상구조 데이터로 분리했다. 또한 경계곡선 데이터를 포함하지 않은 곡면 데이터(type 108, 114, 118, 120, 122, 128, 140)는 U, V 매개 변수를 이용하여 각각에 대한 경계곡선 데이터를 생성한 후 곡면 관련 진단과정과 Candidate Sewing Edge확인 과정에 적용시켰다. 위에 상기한 내용을 기반으로 구성된 진단모듈의 구조는 <Figure 4>에서 보여지는 것처럼 크게 경계곡선 데이터를 이용한 진단영역(i)과 곡면 데이터를 이용한 진단영역(ii)으로 나누어져 있고, 계층별 단계로는 3단계로 구분되어 있다.



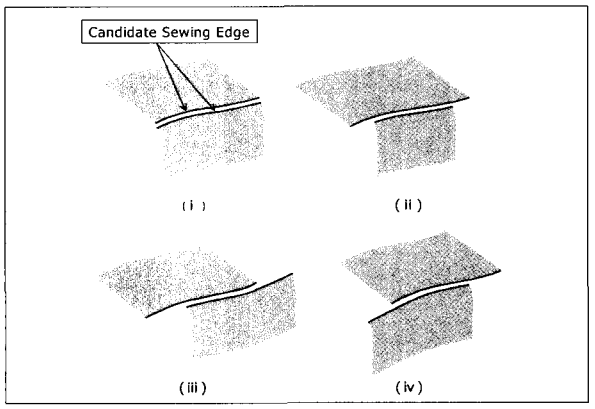
<Figure 4> The detail of diagnostic module and down-stream relation

첫 번째 단계에선 모서리[edge(curve)]관련 진단 작업과 Loop관련 진단작업, 그리고 곡면(surfaces) 관련 진단작업이 이루어진다. <Figure 5>는 모서리 길이 진단에 관한 내용이다.



<Figure 5> Edge(curve) length diagnosis

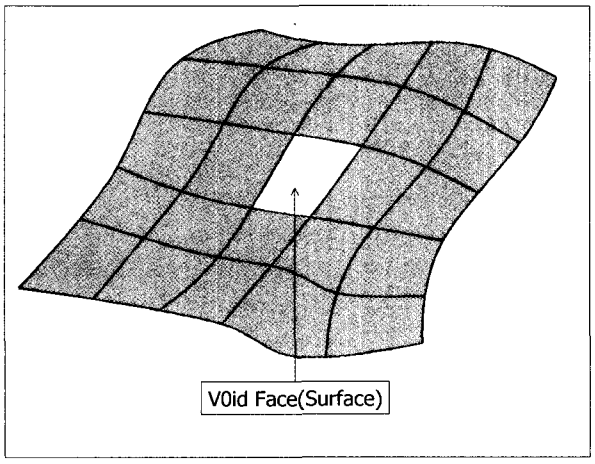
두 번째 단계에선 <Figure 6>과 같이 Candidate Sewing Edge 확인작업이 수행된다.



<Figure 6> The type of candidate sewing edge

마지막 단계에선 선행된 Candidate Sewing Edge 확인작업과 곡면 관련 진단작업을 기반으로 곡면-곡면(surface-surface) 관련 진단작업이 이루어진다. <Figure 7>은 유실곡면 진단을 보여주고 있다.

두 영역별 분류 및 계층별 진단 단계는 진단모듈간의 불필요한 중복과정을 피하고 또한 프로그램 수행속도의 향상을 위해 화살표 방향으로 단계적인 작업흐름을 갖도록 구성되어 있으며, 순차적인 관계의 진단이 아닌 개별 진단 과정도 가능하도록 일부분은 개별적으로 모듈화를 이루도록 구성되어 있다. 각 단계별 진단모듈은 Candidate Sewing Edge 확인부분을 포함해 모두 13 가지로 이루어져 있다.



<Figure 7> Void-Face(surface) diagnosis

2.4 가시화용 IGES 파일 출력

본 항목의 진단결과 가시화용 IGES 파일 저장모듈이 구성된 목적은 진단모듈을 통해 확인된 에러 요소에 대해 색상구분을 주어 사용자의 이해성을 높일 수 있는 가시적인 결과물을 출력하기 위함이 주된 목적이며, 또한 다른 뷰어(Viewer)와 연계된 진단결과의 조회가 가능하도록 하는 것이다. 작업방법은 먼저 IGES 요소(entity)에 색상을 부여할 수 있도록 색상 정의 요소(type 314)를 이용하게 된다. 색상 정의요소는 일반적인 그래픽 장치들에서 사용하는 기본색상(RGB)을 지원하며, 기본 색상 각각은 (0~100)%의 밀도 범위를 지원한다. 이러한 색상 정의요소를 에러로 확인된 요소에 삽입하는 과정은 에러 요소의 디렉토리 기재사항 단락(directory entry section)의 13번째 항(field)에 색상 정의 요소에 의해 정의된 특정 값을 위치시키는 것이다. 위의 색상 삽입과정이 완료되면 모델링 커널에서 지원되는 IGES 파일 생성 시스템을 이용해 전체 요소에 대한 ASCII 형태의 파일을 생성하게 된다.

3. 가시화

3.1 Java Native Interface

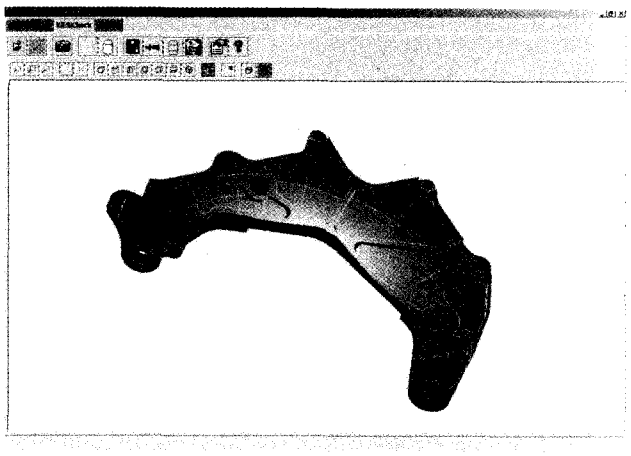
JNI는 Java Native Interface의 약호로 Java와 Native Code (C, C++)를 연계할 수 있는 프로그래밍 인터페이스로 제

작된 JDK의 일부 API이다. JNI는 이름을 정의하고 호출하는데 대한 표준 규약을 정의함으로써 자바가상 머신이 원시 메소드를 적재하고 수행할 수 있도록 한다. 사실, JNI가 자바 가상 머신 내에 포함됨으로써, 자바 가상 머신이 호스트 운영체제 상의 입출력, 그래픽스, 네트워킹, 그리고 스레드와 같은 기능들을 작동하기 위한 로컬 시스템 호출을 수행할 수 있도록 한다. 그러므로 JNI를 이용하여 원시 자바 메소드를 선언하고, 원시 코드를 포함하고 있는 라이브러리를 적재하고, 그리고 나서 원시 메소드를 호출함으로써, 자바 언어로 작성된 프로그램에서 다른 어떤 프로그래밍 언어로 작성된 코드도 호출할 수 있게 된다.

구현된 시스템에서 진단 모듈은 프로그램의 핵심이 되는 함수들과 각종 라이브러리로서 구성되어 있으며, 내부 구조는 모두 C++로 구성되어 있고 반면 사용자 인터페이스는 시스템 실행과정에서의 각종 이벤트를 처리하는 부분으로서 Java로 이루어져 있다. 이들 둘 사이의 서로 다른 객체를 연결시켜 주는 역할은 상기된 JNI를 이용함으로써 C++ 객체와 Java 객체를 서로 연동시키게 된다.

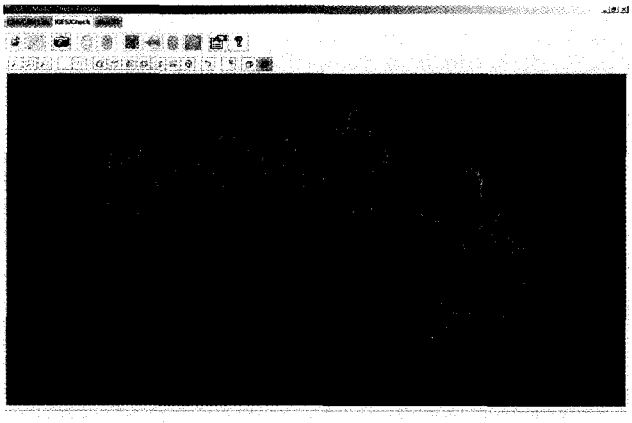
3.2 가시화 결과

<Figure 8>는 구현된 시스템을 실행한 상태를 보여주고 있다. 또한 임의의 IGES 모델 데이터에 대해 로딩 과정을 마친 후 모델 데이터 전체에 대해 가시화를 실행시킨 화면을 보여주고 있다.



<Figure 8> An visualization of imported model

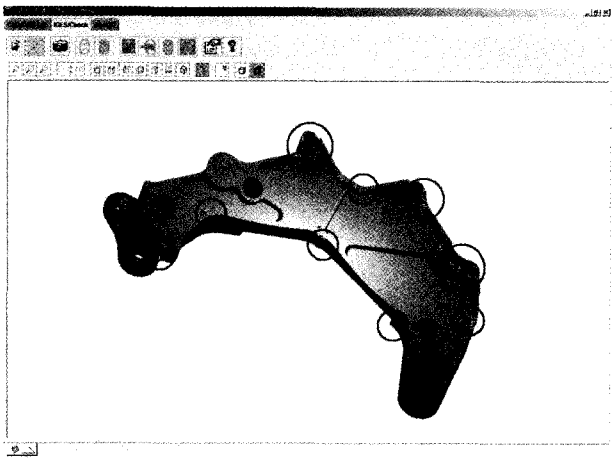
<Figure 9>는 뷰잉 툴을 이용하여 로딩된 모델 데이터에 대해 바탕색의 변화와 와이어프레임 형태로 가시화 시킴으로서 한층 더 사용자의 이해를 도울 수 있도록 구성하였다.



<Figure 9> An visualization of wireframe model

<Figure 10>은 12 종류의 진단 가능한 에러 형태 중에서 모서리 길이에 대한 에러 진단을 실행한 결과 화면이며, 진단에 사용된 모델은 Pro/Engineer 2000i에서 생성 변환된 임의의 IGES 모델이고, 사용자가 입력한 진단 기준값은 1mm으로서, 모델 전체에서 모서리 길이 측정값이 기준값 1mm 이하인 경우만을 확인하여 해당 모서리 요소에 홍색(red) ○ 매핑을 실행하여 가시화를 시켰다.

진단 대상 모델에서 확인된 에러 부분은 <Figure 10>의 가시화 화면을 통해 보여지는 것처럼 변환과정 또는 사용자의 실수에 의해 발생되고, 사용자가 가시적으론 인지할 수 없는 아주 작은 길이의 모서리가 모델 내에 포함된 실제성 에러의 한 형태이다.



<Figure 10> An example of visual result of edge length diagnosis

<Figure 11>에서 보는 바와 같이 본 논문의 결과 출력은 가시화뿐만 아니라 텍스트 파일로도 공차 및 에러율을 표시하고 있으며, 이는 진단 전에 공차에 대한 입력값을 받아 처리하고 있다.

```
============================================================
        Edge(Curve) Length Check Result
============================================================
Check Value <= 1.000000
------------------------------------------------------------
 Surface DE No.    Curve DE No.      Length(mm)
------------------------------------------------------------
 D 9477            D 9475      :     0.001
 D 9525            D 9523      :     0.0004
 D 9723            D 9721      :     0.02

- Distribution Parameters -

tolerance      :  1.00000
Min. Value     :  0.00000
max. Value     : 7542.09693
Tolerance_in   :  99.80 %
Tolerance_out  :   0.20 %

Range / Numbers Of Result
------------------------------------------------------------------------------------------
 0.000 1.000 2.000 3.000 4.000 5.000 6.000 7.000 8.000 9.000 10.000
------------------------------------------------------------------------------------------
     3     8     4     2     4     4     0     1     1     7      1489
------------------------------------------------------------------------------------------
```

<Figure 11> An example of detail section

4. 결 론

본 논문에서 수행된 연구는, 3차원 CAD 데이터를 이기종 시스템으로 전달시 후 공정 과정에서의 예기치 못한 작업 실패와 이로 인한 재작업의 비효율성을 발생시키는 각종 모델링 에러에 대한 구체적인 진단과정과 진단된 결과를 가시화할 수 있는 새로운 시스템을 개발하는 과정으로서 연구 내용은 다음과 같은 주요 특징을 갖는다.

1) 구현된 사용자 인터페이스(GUI)는 C++을 이용한 것과 Java의 JNI(Java Native Interface) API를 이용하여 진단과정에서 확인된 에러요소에 대해 실시간(real-time)적인 가시화가 가능하도록 구축되었다. 이는 진단 항목별 에러형태에 대한 사용자의 가시적인 확인을 돕게되며, 또한 C++ 오브젝트와의 연계를 가능하게 함으로써 구현된 시스템을 차후 인터넷상으로의 확장을 가능하게 하였다.
2) 시스템 개발에 적용한 CAD 파일의 형태가 IGES 모델 데이터 형식이라는 점이다. IGES는 현재 세계 여러 나라에서 개발되어 사용되는 중간 파일 형식들 중에서 가장 많이 이용되고 있는 실질적인 세계 표준이라고 할 수 있다.
3) 구현된 진단시스템을 이용하여 자신이 모델링한 CAD 데이터를 직접 신뢰성 평가함으로써 본인의 모델링에 대한 문제점을 확인할 수 있게 된다. 타인에게 CAD 데이터 전달시 데이터 품질정도의 근거자료를 생성할 수 있다. 이는 신뢰성 진단시스템을 이용하여 모델링 에러 진단을 거친 후 진단된 에러들의 형태분류 및 원인분석 과정을 통해 CAM/CAE/PDM 등의 후공정으로 데이터의 전달에 대한 허용 및 불능 판단의 기초 자료를 만들 수 있게 된다.

감사의 글

본 논문은 한국 과학 재단의 박사 후 해외 연수 지원 사업에 의하여 연구되었고 마지막 저자는 한양대학교 세라믹 공정 연구 센터의 지원으로 연구를 수행하였습니다. 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참고문헌

[1] C.E.Izurieta, "CAD Model Interoperability / Solutions for Rapid Prototyping," Rapid Prototyping second quarter, Vol. 6, No. 2, 2000.
[2] W.B.Teeuw, J.R.liefting, and R.H.J.Demkes, 1996, "Experiences with product data interchange," Computer In Industry, Vol. 31, pp. 205~221.
[3] STEP 연구회,"제품 모델 정보 교환을 위한 STEP," 성안당, 1996.
[4] K.Reed, D.Harrod Jr, and W.Conroy, "The Initial Graphics exchange Specification(IGES)," U.S. Department of Commerce, Vol. 5.0, 1990.
[5] B.A.Beckert, 1999, "Three different paths to improving design models and processes," Computer-Aided ENGINEERING.
[6] 박종욱, "CAD 데이터 교환에 따른 모델링 에러 검증 시스템", 충남대학교 석사학위 논문, 2001.
[7] S.Wolfe, "When bad things happen to good users," Computer-Aided Design Report, 1998.
[8] OpenCASCADE, http : //www.OpenCASCADE.org.