

XML 중립포맷을 이용한 CAD와 CAE 간의 임플란트 모델 교환 시스템 구축

김진욱*, 이수홍#, 전흥재**

An Exchanging System for an Implant Model between CAD and CAE with a XML Neutral Format

Jin-Uk Kim*, Soo-Hong Lee# and Heoung-Jae Chun**

ABSTRACT

A product is designed through the collaboration among engineers in several fields such as design, analysis, and manufacturing. These series of functions are performed repeatedly during the design process. An easy access and exchange of the model data is one of the important elements that help to shorten production development time. Especially, the importance of data exchange between CAD and CAE applications is increasing in the field of verification and estimation of the products. However, information and knowledge of model which is generated by a CAD software cannot be transferred by a function of CAE software, as an exchange of product data between CAD and CAE applications. It causes a delay in design analysis and eventually discourages a designer's effort in improving his design. Therefore, we need to integrate a commercial CAD and CAE applications effectively and to use the same interface on a product model obtained in a distributed environment. This paper shows how to implement a model exchange between CAD and CAE by a web-service and how to provide a communication environment among engineers.

Key Words : Model Exchange (모델 교환), Neutral Format (중립 포맷), XML (eXtensible Markup Language), 임플란트(Implant)

1. 서론

제품모델은 설계, 해석, 생산 엔지니어들의 협업을 통해 결정이 되며, 이런 일련의 과정을 반복적으로 수행한다. 이 때 모델 데이터들에 대한 원활한 접근과 교환은 제품 개발 기간을 단축하는 중요한 요소이다. 특히 제품의 검증과 판단을 위하

여 CAD(Computer Aided Design)와 CAE(Computer Aided Engineering) 간 데이터 교환의 중요성이 커지고 있다. 예를 들어 선박의 경우 설계의 초기단계에서부터 해석을 통해 제품의 제반 성능을 측정하게 되므로, 형상 정보를 생성하는 CAD 시스템과 특성 판단의 기준을 제공해주는 CAE 시스템과의 신속하고 정확한 모델 교환은 제품 비용에 큰

☞ 접수일: 2005년 8월 9일; 게재승인일: 2006년 11월 9일

* 연세대학교 대학원

교신저자: 연세대학교 기계공학과

E-mail shlee@yonsei.ac.kr Tel. (02) 2123-2823

** 연세대학교 기계공학과

영향을 미치게 된다.

현재 상이한 CAD 와 CAE 시스템들 사이에 제품 데이터를 교환이 필요한 경우, CAE 시스템의 자체 모델링 기능을 통해 모델을 재생성 하거나 IGES(Initial Graphics Exchange Specification), STEP(Standard for the Exchange of Product model data) 과 같은 중립포맷을 이용한다. 이 때 CAD 시스템에서 생성된 모델 정보와 지식을 전달할 수 없다. 이와 같이 모델 정보와 지식을 전달하지 못하면, 재입력에 따른 인력 손실 및 설계 지연이 발생한다. 또한 변환 과정 중 CAD 모델의 변수 정보가 손실되므로 변수를 통한 CAE 시스템의 최적화 수행은 할 수 없다. 따라서 상용 CAD 와 CAE 를 효과적으로 통합하고, 분산된 환경에서 반복 생성되는 제품모델에 대하여 동일한 인터페이스를 이용하는 시스템적 접근이 필요하다.

본 논문에서는 CAD 모델 데이터를 XML 기술을 이용하여 표현하고, 생성된 XML 모델을 CAE 시스템에서 받아들일 수 있는 모델로 변환하는 시스템 구현한다. 논문의 구현 시스템은 상실된 치아를 위한 대표적인 치료법으로 사용되는 임플란트를 대상으로 한다. 임플란트는 작용하는 외력에 따라 전체구조를 해석하고 이를 바탕으로 설계되어진다. 이러한 설계 과정을 원활히 진행 할 수 있도록 CAD 와 CAE 에서의 형상과 매개변수를 확인하는 중간매체로 XML Schema 사용한다.

2. 관련 이론 및 연구

2.1 CAD 와 CAE 의 통합

CAD 에서 생성된 모델은 설계와 생산을 위한 모든 조건을 반영한 것이 아니기에 계속적인 설계의 검토가 필요하다. 따라서 최종 모델을 결정하기 위해서는 설계 엔지니어를 비롯한 해석 및 생산 엔지니어와 협력업체 등에 의한 모델 검증과 수정이 이루어져야 한다. 최근에는 CAD 소프트웨어에서 해석 및 최적화 기능을 제공하여 시스템 내에서 설계와 해석을 함께 수행하고 있지만 아직은 상용 CAE 시스템에서 제공해 주는 다양한 해석 기능과 결과처리를 하지 못하고 있다. 이를 해결하기 위해 Oh¹ 은 API 함수를 활용하여 CAD 모델링과 CAE 해석에 필요한 경계조건 부여, 면의 정보를 자동으로 생성, 해석을 수행을 통한 설계최적화 연구를 수행하였다. 이를 통해 금형의 냉각문제를

위한 최적화 모델 생성을 시도하였다.

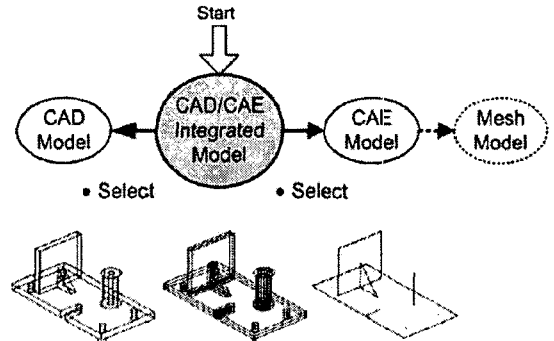


Fig. 1 CAD/CAE integration by integrated model²

또한, CAD 와 CAE 모델은 근본적으로 다른 형태의 기하학적인 모델을 사용하고 있으나 이제까지의 모델 교환의 연구는 CAD 시스템을 기반으로 하는 형상 전달에 치중이 되어왔다. 즉 특징형상에 의한 모델을 생성하는 CAD 시스템과 하나의 완전한 파트로 모델을 생성하는 CAE 시스템과의 호환성을 가지지 못함을 의미한다. Lee²은 선형적으로 설계와 해석을 수행 할 수 있는 모델을 통해 동시공학적 환경에 적합하도록 CAD-CAE 통합하고 있다. 이 시스템은 피처 기반의 NMT(Non-manifold Topological) 모델링 방법을 사용하고 있으며, Fig. 1 에서와 같이 설계와 해석을 위한 다른 타입의 기하학적 모델을 동시에 생성, 수정 및 변환 할 수 있도록 하였다.

2.2 매크로 파라메트릭 방법론

현재 CAD 시스템에서 사용하고 있는 대표적인 중립포맷에는 IGES(Initial Graphics Exchange Specification), STEP(Standard for the Exchange of Product model data) 등이 있다. 특히 STEP 은 형상 정보뿐만 아니라 다양한 설계 정보를 교환 할 수 있는 포맷이다. 그러나 Fig. 2 에서와 같이 STEP 에서도 각 CAD 시스템이 가지고 있는 설계 이력 및 매개 변수에 대한 정보를 전달하지 못하는 단점을 가지고 있다.

Mun³ 이 제시한 매크로 파라메트릭 방법론은 설계 이력(Design history) 기반 모델링 방법의 한 종류로, 모델링 명령어의 이력에 관한 정보를 갖고 있는 매크로 파일을 이용하여, 제품 데이터를

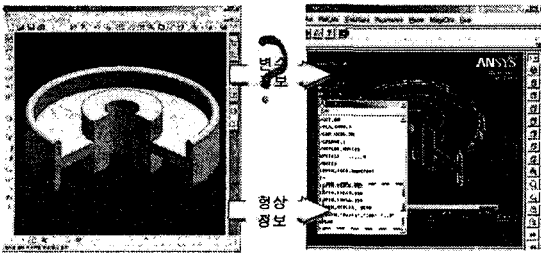


Fig. 2 An example of parametric information loss

교환하는 방법이다. 매크로 파일은 특정 제품의 모델링 과정 동안에 CAD 시스템에서 사용한 명령들을 모아 놓은 것으로, 매크로 파라메트릭은 크게 상업용 CAD 시스템의 명령어 집합과 표준 모델링 명령어 집합 간에 스키마 매핑이 이루어지는 부분과 상업용 CAD 시스템의 매크로 파일과 표준 매크로 파일의 변환이 이루어지는 데이터 변환 부분이 있다(Fig. 3). 매크로 파라메트릭 방법론은 2003 년 ISO TC 184/SC4 WG12 의 NWI(New Working Item)으로 채택되어 2D 스케치 명령어를 정의하고 있다.

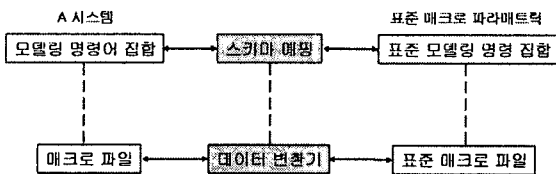


Fig. 3 A concept of the macro-parametric mapping³

매크로 파라메트릭 방법론은 CAD 시스템간의 모델 교환만을 지원하고 있는 단점을 가지고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 파라메트릭 방법론을 응용하여 서로 다른 모델 구조를 가지고 있는 CAD 와 CAE 간의 모델 및 변수 정보를 전달하고자 한다.

2.3 XML 를 통한 모델 표현

XML 은 텍스트 기반 문서형식으로 플랫폼과 시스템 독립적이기에 어떠한 환경에도 데이터 교환이 가능하다. 즉, XML 은 데이터를 전송하는 표현에 불과하기 때문에 특정 운영체제나 프로그램 언어, 하드웨어에 상관없이 메시지 교환이 가능하며, 따라서 상호운용이 가능하다는 것이다. 또한 구조화된 문서의 형태와 다양한 표현 방식을 제공

하는 장점을 치수 및 설계 데이터의 저장 및 검증 시 사용하면 웹이나 데이터베이스 그리고 다른 시스템과의 쉬운 연계가 가능하다.

PDI(Product Data Interoperability) 프로젝트에서는 PDML(Product data Markup Language)⁴이라는 상업용 PDM 시스템들이나 제품 교환을 위해 디자인된 XML DTD 로 STEP 의 모델링 언어인 EXPRESS 를 XML 과의 매핑을 통한 인터넷을 위한 제품 데이터 교환을 패러다임을 제안하였다. Chan⁵은 STEP 데이터를 인터넷을 통한 접근을 용이하게 위해 XML 으로의 매핑 방법과 클라이언트에서 요구하는 정보를 가공하여 제공해 주는 XML 기반의 중개자(Mediator)를 제안하였다.

2.4 치과용 임플란트 설계

치과용 임플란트란 상실된 자연치아를 대신하여 골 내에 매식하는 인공치근을 말한다. 임플란트의 성공적인 사용은 뼈 내의 삽입 후 직접적인 골조직과의 접촉 및 연조직과의 기능적 연결을 바탕으로 해야 하며 골유착(Osseointegrated) 부위가 장기간 파괴되지 않고 안정된 상태로 잔존하여야 한다. 따라서 골유착은 교합하중에 견딜 수 있을 정도로 충분해야 하며 하중을 효과적으로 분산시킬 수 있는 설계가 되어야 한다.

Himmlova⁶은 임플란트의 길이와 직경이 응력 분산에 미치는 경향을 실험을 통한 분석으로 형상 설계에서의 길이와 직경의 안배를 강조하였으며, Lee⁷는 1974-2000 년 동안의 발표된 문헌에 분석을 통하여 응력분산에 영향을 주는 임플란트 직경, 길이, 형상 등의 형상변수를 도출하였다. Shin⁸은 임플란트의 상부 구조물의 형상과 하중조건의 관계를 시험과 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

3. XML 을 이용한 제품모델의 정의

3.1 CAD 및 CAE 데이터 분석

설계 및 해석 과정에서 사용되는 모델은 기본적으로 모델 형상과 모델 관련된 정보를 포함하고 있다. 이런 정보를 표현 방식은 시스템마다 다르므로 협업을 위한 통합 설계 시스템을 만들기 위해서는 기존의 시스템의 모델을 표현하는 방식을 분석 할 필요성이 있다. CAD 시스템은 단지 형상의 모델링뿐만 아니라 다양한 설계에 관련된 정보를 다루고 있다. Fig. 4 에서 보는 것과 같이 일반

적으로 CAD 시스템은 모델의 형상 정보와 모델 생성 이력에 대한 정보, 사용자 정의 변수와 물체의 물성치, 기타 부가적인 정보 등을 제공하고 있다.

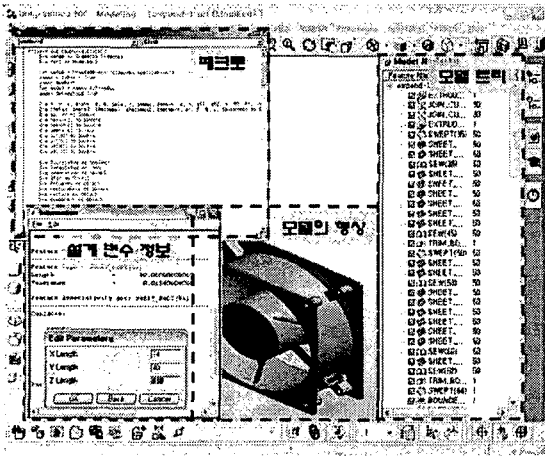


Fig. 4 Components of CAD system

설계와 해석에서 모델링 시 필요한 표현은 유사하나 각 시스템의 모델링 기능에 따라 상이한 명령어 집합을 가지고 있어 모델 교환이 쉽지 않아 중립포맷을 이용할 수 밖에 없다. 이 과정에서 위에서 기술된 정보 중 형상 정보를 제외한 모든 정보는 소실 되고, 형상 정보 역시 다른 형태의 표현으로 인하여 변형되는 문제가 발생한다.

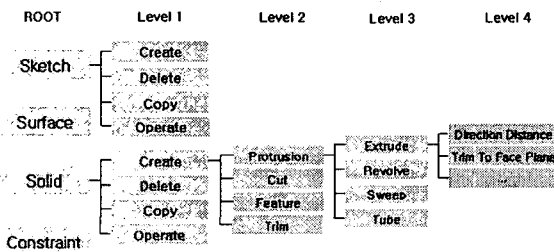


Fig. 5 Classification tree of modeling commands⁹

먼저 모델링 시 사용되는 명령어 집합을 구분하면 Fig. 5 와 같다. 모델링 명령어의 집합을 4 개의 루트 엘리먼트와 4 개의 단계로 분류한 그림으로서, 2차원 스케치 명령어 그룹(Sketch), 곡면 모델링 명령어 그룹(Surface), 솔리드 명령어 그룹(Solid),

구속조건 명령어 그룹(Constraint)으로 4 개의 루트 엘리먼트로 분류된다. 그리고 작업의 수행을 지시하는 명령어, 수행의 방법을 나타내는 명령어, 생성되는 피처를 지칭하는 명령어, 피처들의 생성 조건을 가지고 있는 명령어 4 개의 단계로 구성된다

본 논문은 CAD 시스템인 Unigraphics(UG)와 CAE 시스템인 ANSYS 의 연동을 통하여 설계와 해석 시스템의 통합 환경을 제시하고, 모델과 정보 교환의 효율성을 검증하고자 한다. 먼저 위 분류에 따라 UG 의 매크로와 ANSYS 의 APDL 에서 명령어를 각각 추출하였다. Table 1 과 Table 2 는 추출된 명령 중 부울 연산에서 사용되는 명령어이다.

Table 1 UG (CAD) command of boolean operation

Functions	Commands	Example
Create	Boolean_Create	DIALOG_END 0, 0 !gt101: 생성
Unite	Boolean_Unite	DIALOG_END 0, 1 !gt101: 결합
Subtract	Boolean_Subtract	DIALOG_END 0, 2 !gt101: 빼기
Intersect	Boolean_Intersect	DIALOG_END 0, 3 !gt101: 교차

Table 2 ANSYS (CAE) command of boolean operation

Functions	Commands	Example
Add Volumes	VADD	FLST,2,2,6,ORDE,2 FITEM,2,1 FITEM,2,3 VADD,P51X
Subtract Volumes	VSBA	VSBB,1,2
Intersect Volumes	VINT	FLST,2,2,6,ORDE,2 FITEM,2,1 FITEM,2,3 VINVP,P51X
Deletes Volumes	VDELE	VDELE,1,2

각 시스템의 명령어는 설계자가 작업 중에 입력한 대부분의 형상 정보와 변수 정보, 설계 의도 등을 포괄하고 있다. 그러나 설계 시스템에 따라 명령어는 다른 표현 방식과 순차적 처리 방식을

가지고 있다. 이를 분류된 기준에 따라 XML 매핑을 하고, 표현된 XML 은 다른 시스템에서 사용될 수 있는 형태로 변환하여 전환함으로써 설계 모델 내에 있는 형상 정보 이외의 유용한 정보를 소실되지 않게 전달한다.

3.2 표준 모델 명령어의 XML 표현

설계 및 해석 모델 작업 시 사용되는 명령어 집합을 표준화하여 표준 모델 명령어 집합을 만들게 된다. 앞서 언급한 제품모델은 기본적인 CAD 시스템에서 형성된 모델을 기반으로 이루어진다. 따라서 CAD 에서의 모델링 시 부가적으로 생성되는 매크로를 이용하여 XML 로 표현함으로써 설계자가 모델링 하는 과정에서 사용한 설계 이력 정보를 가져올 수 있다.

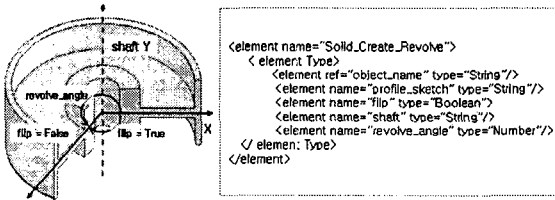


Fig. 6 XML Representation of a Model

Fig. 6 와 같은 스케치를 회전 보스 한 경우, 참조 되는 스케치(profile_sketch), 회전 방향(flip), 기준축(shaft), 시작 각도(start_angle), 종료 각도(end_angle) 등의 설계 명령으로 모델이 생성된다. Fig. 5의 구조화된 설계 명령을 사용하여 Fig. 6과 같이 XML 표현된다. 그리고 XML 문서의 구조를 표준적으로 기술하기 위하여 XML Schema를 정의하고, 웹에서 가시성을 높이기 위해 XSLT(eXtensible Stylesheet Language Transformation)로 표현을 지원한다.

3.3 중립 포맷 번역기 개발

이와 같이 정의된 XML 중립 포맷의 사용을 위해서는 설계 시스템과 해석 시스템 간의 양방향 전후처리가 지원되어야 한다.

번역 서비스는 웹 기반 번역기를 통해 이루어지며, 설계 시 생성되는 매크로를 XML 중립 포맷으로 변환하는 서비스와 표현된 XML 을 CAE 에서

받아 들일 수 있는 Log 파일 형태의 변환 서비스를 제공한다.

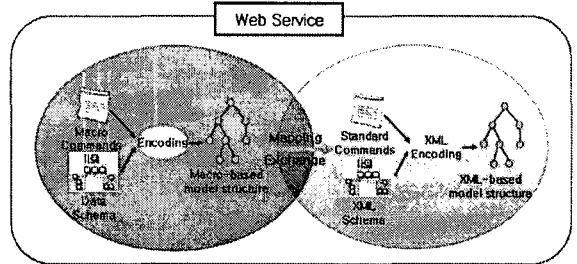


Fig. 7 A structure of translation module

Fig. 7 은 번역 모듈의 구조로 CAD 시스템에서 사용된 매크로는 명령어와 이를 표현하는 스키마로 되어 있어, 이를 표준 명령어 집합과 XML 스키마와 매핑 작업을 통해 번역 작업을 수행하게 된다.

3.4 웹을 통한 모델 교환

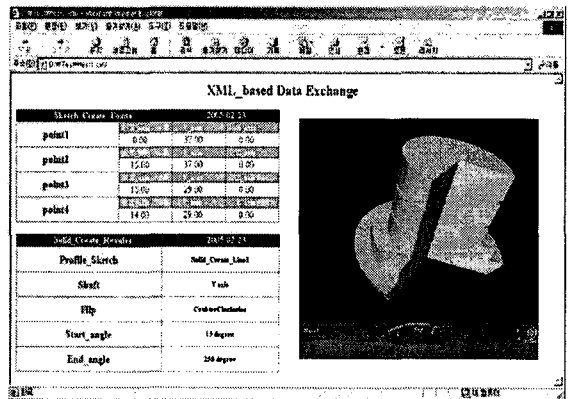


Fig. 8 A snapshot of model exchanging service

제품설계 시 협의를 하기 위해서는 서로 다른 시스템 환경을 가지고 있는 엔지니어들이 하나의 동일한 인터페이스를 통해 제품 설계를 확인할 수 있어야 한다.

XML 중립 포맷은 웹에서 가시적인 XML 언어로 제품 모델을 표현하였으므로 설계와 해석의 협업 작업에 유리한 가시성을 제공할 수 있다.

Fig. 8 와 같이 제품의 실제 형상이 어떻게 구현되어 있는지 VRML 을 통하여 확인할 수 있다.

이와 함께 피쳐 단위로 구성된 모델 이력을 확인하여 사용자가 원하는 설계 지식을 추출하거나 혹은 CAE 지원 위한 변수를 재설정을 수행 할 수 있다.

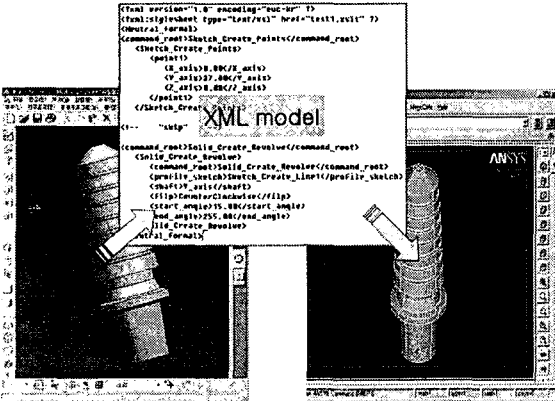


Fig. 9 A result of web-service for model exchanging

Fig. 9 는 XML 를 이용하여 CAD 와 CAE 간의 모델 교환을 수행하는 설계와 해석의 통합 및 협업 과정에 결과를 보여준다. 이런 시스템 환경은 독립적인 실행 모듈로서 다른 응용 프로그램과 연결되어 실행될 수 있다.

4. CAD/CAE 을 통한 임플란트 설계

4.1 임플란트 형상 설계

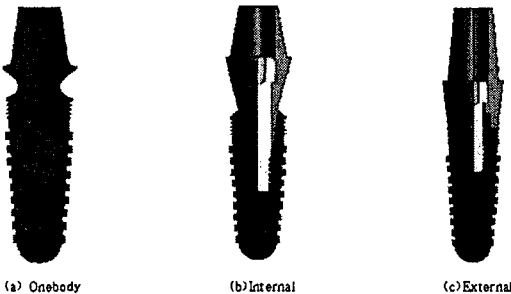


Fig. 10 A kind of implant model

골과 임플란트 사이에서 뿐만 아니라 보철물 자체에도 다양한 하중의 양상을 보인다. 이러한 다양한 힘들을 분산시키고자 임플란트는

기능적 표면적을 가지기 위한 설계를 강조하게 된다. 그러므로 임플란트의 설계는 요구되는 기능과 삽입되는 골조직 구성 등의 주변조건을 고려하여 기본적인 임플란트의 형상을 계획하고 임플란트가 식립된 뼈로 구성된 전체 구조물에 대해 작용하는 외력에 따라 전체구조를 해석하고, 이로부터 얻은 해석결과를 구조설계기준에 따라 평가하여 임플란트의 세부 형상을 결정하게 된다.

Fig. 11 은 Internal 과 External Type 의 상세기능을 보여주고 있으며, 형상은 크게 고정체, 고정나사, 지대주로 구성된다. 3 가지의 타입의 핵심변수로는 Fixture Diameter 와 Fixture Length 이다. 따라서 이 두 변수의 크기에 따라서 고정체 부분의 나사의 개수 및 고정나사, 지대주 형상이 결정된다.

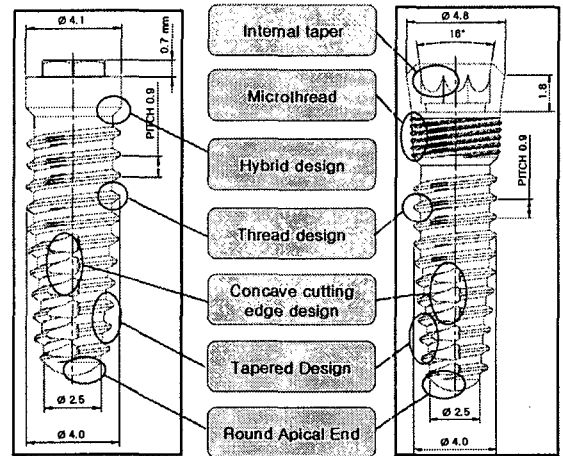


Fig. 11 A detail function of internal and external type

4.2 임플란트 형상의 최적화

최적화 시스템에서는 임플란트 재료와 적정 응력정도, 임플란트의 무게, 임플란트의 하중전달 효율성 등의 여러 평가 기준에 따라 기초 설계된 임플란트를 비교 평가할 수 있도록 목적함수 (Object function)를 구성한다. 이때 해석 시스템으로부터 얻은 임플란트가 삽입되는 주변골 및 임플란트 내부의 응력 및 변형률은 평가의 기초자료로 사용된다.

임플란트의 최적설계를 위한 목적함수는 평가 기준의 중요도에 따라 순서대로 각 평가 기준에 대한 기초 설계된 임플란트의 적합성을 비교 평가한다. 그리고 목적함수의 비교 시 일차적으로 설

계의 타당성을 검토할 수 있는 설계가능공간을 정의하는 제약조건식(Constrained Equations)을 구성한다. 결국, 최적화 시스템을 통하여 설계 가능공간 내에서 목적함수의 값을 최대 또는 최소가 되게 하는 임플란트의 형상 파라미터를 적절한 최적화 알고리즘을 이용하여 찾아냄으로써 임플란트의 최적 형상을 결정한다.

5. 시스템 구현 및 아키텍처

본 연구에서는 XML 중립 포맷이 제공하는 장점을 활용하여 웹 기반 환경에서 모델을 교환을 실행 할 수 있는 시스템을 개발하였다. 웹을 이용한 시스템 환경은 사용자에게 동일한 인터페이스와 분산 처리가 가능한 사용 환경을 제공하게 된다. 접근이 용이한 웹을 통해 모델의 정보를 삽입하고 관리 할 수 있으며, 각 시스템에 맞는 형태의 모델 변환 작업을 지원한다.

임플란트의 설계에 있어서 요구되는 시스템은 환자별 정보를 처리 시스템, 형상을 구현하는 CAD 시스템, 임플란트 형상의 최적화 시스템, CAD 와 CAE 의 연결 시스템으로 나눌 수 있다. 이를 위해 통합 시스템은 각각의 모듈과 연결되어 사용자의 요구에 응답하고, 능동적으로 사용자에게 데이터와 메시지를 전달하는 기능이 필요하다. 개발된 시스템은 모델의 XML 변환 기능과 제품과 관련된 지식과 변수를 웹에서 삽입하고, 수정이 가능하다.

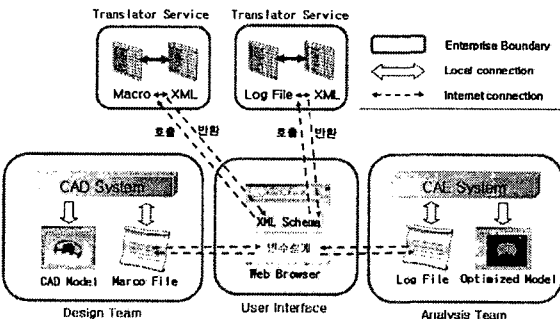


Fig. 12 Framework of environment for a model exchange between CAD and CAE

Fig. 12 과 같은 모델 교환 시스템은 제품 개발 협업이 이루어지는 환경에서 자원 공유 시스템을 구축하여 설계 팀, 해석 팀 간의 정보 공유 및 커

뮤니케이션을 지원하여 제품개발에 필요한 시간과 비용을 감소시킬 수 있다.

본 연구에서는 매크로의 XML 으로의 변환 서비스와 XML 의 Log 파일 변환 서비스를 개발하여, 이를 웹을 통해 제공하고 있다. 설계자들에 의해 제품개발을 위한 최초 모델링을 수행하게 되면, 모델링 시 부가적으로 생성되는 매크로를 XML 로 변환하고, 변환된 XML 은 DOM(Document Object Model)를 통해 설계 지식과 변수 정보를 삽입 및 설계 팀과 해석 팀 간의 협의 할 수 있는 환경을 통한 모델 수정을 가능하게 한다. 그리고 수정이 완료된 XML 모델은 Log 파일로 변환된다.

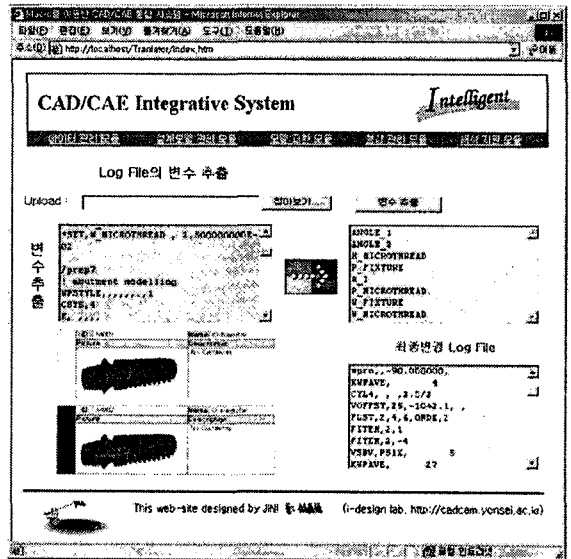


Fig. 13 A snapshot of analysis supporting module

CAD 에서 생성된 복잡한 형상은 유한요소법 적용을 위한 단순화 과정이 필요하다. Fig. 11 은 변환기를 통해 생성된 모델을 해석모델에 적합한 형상으로 변경하는 기능을 보여주고 있다. 세부적으로는 매개변수에 의한 모델변경이 가능하도록 변수 추출하고, 몇 가지의 특징형상을 사용자 선택하여 제거한다. 이를 통해 최종 변경된 Log 파일로 CAE 시스템에서 모델을 재생성 하게 되고, 해석 및 최적화를 수행하게 된다.

6. 결론 및 향후 연구

제품 모델에 대한 원활한 교환과 접근은 기업의 생산성을 향상시키는 중요한 요소이다. 하지만 서로 이질적인 데이터 포맷을 가지고 있어 제품 모델 및 정보를 공유하고 교환하는데 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 설계 과정 중 CAD 와 CAE 시스템의 모델 교환이 필요한 치과용 임플란트를 대상으로 엔지니어들간의 협의를 위한 인터페이스에 대해서 논의하였다. 본 연구의 시스템은 사용자 중심의 설계 환경을 구축하기 위해 데이터 관리 모듈, 모델 교환 모듈, 설계 지식 관리 모듈, 웹에서 형상을 확인 할 수 있는 형상 관리 모듈, 모델의 번역 모듈을 개발하였다. 향후 다양한 형상의 번역 모듈 및 효과적인 설계 지식의 XML 표현에 대해서 다루어 나갈 것이다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호: R01-2002-000-00289-0) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Oh, D. G., Ryu, D. W., Choi, J. H., Kim, J. B. and Ha, D. S., "A Study on CAD/CAE Integration for Design Optimization of Model Cooling Problem," *Transaction of the Society Of CAD/CAM Engineers*, Vol. 9, No. 2, pp. 93-101, 2004.
2. Lee, S. H., "A CAD-CAE integration approach using feature-based multi-resolution and multi-abstraction modelling techniques," *Computer aided design*, Vol. 37, No. 9, pp. 941-955, 2005.
3. Mun, D. W. and Han, S. H., "Exchange of CAD Models Using Macro Parametric Approach," *Transaction of the Society Of CAD/CAM Engineers*, Vol. 6, No. 4, pp. 254-262, 2001.
4. Burkett, W., "Product data markup language: a new paradigm for product data exchange and integration," *Computer aided design*, Vol. 33, No. 7, pp. 489-500, 2001.
5. Chan, S. C. F., Dillon, T. and Ng, V. T. Y., "Exchanging STEP Data Through XML-based Mediators," *Concurrent engineering, research, and*

6. applications, Vol. 11, No. 1, pp. 55-64, 2003.
6. Himmlova, L., Dostalova, T., Kacovsky, A. and Konvickova, S., "Influence of implant length and diameter on stress distribution: A finite element analysis," *Journal of prosthetic dentistry*, Vol. 91, No. 1, pp. 20-25, 2004.
7. Lee, J. H., Frias, V., Lee, K. W. and Wright, R., "Effect of implant size and shape on implant success rates: A literature review," *Journal of prosthetic dentistry*, Vol. 94, No. 4, pp. 377-381, 2005.
8. Shin, H. S., Chun, H. J., Han, C. H. and Lee, S. H., "Three-dimensional Stress Analysis of Implant Systems with Micro Threads in the Maxillary Bone," *Journal of Korea Society of Precision Engineering*, Vol. 22, No. 3, pp. 179-186, 2005.
9. Yang, J. G., Han, S. H., Kim, B. C. and Park, C. C., "A Macro Parametric Data Representation for CAD Model Exchange using XML," *Journal of KSME*, Vol. 27, No. 12, pp. 2061-2071, 2003.