

## XML 중립포맷을 이용한 CAD 와 CAE 간의 모델 교환 웹서비스 환경 구축

김진욱\*(연세대 대학원 기계공학과), 이수홍\*\*(연세대 기계공학과), 전흥재\*\*\* (연세대 기계공학과)

### A Web-service Environment for a Model Exchange between CAD and CAE with a XML Neutral Format

J. U. Kim(Mechanical. Eng. Dept., Yonsei Univ.), S. H. Lee(Mechanical Eng. Dept., Yonsei Univ.),  
H. J. Chun(Mechanical Eng. Dept., Yonsei Univ.)

#### 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:** Collaboration Environment (협업 환경), Model Exchange (모델 교환), Neutral Format (중립 포맷),  
Web-Service (웹서비스), XML (eXtensible Markup Language)

#### 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 위하여 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 제공하는 CAE 시스템과의 신속하고 정확한 모델 교환은 제품 비용에 큰 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, STEP 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 이용해서 표현하고, 생성된 XML 모델을 CAE

시스템에서 받아들일 수 있는 모델로 변환하는 시스템 환경을 제시한다. 논문의 구현 시스템은 XML 스키마로 표현하는 모델이 웹 환경에서 구조화된 데이터를 교환할 수 있는 모델 포맷임을 검증한다. XML 로 기술된 모델 데이터는 웹을 통해 모델 데이터와 형상을 확인할 수 있으며, 매개변수를 설정할 수 있는 프로세스를 갖추고 있다. 따라서 CAD 와 CAE 시스템을 사용하는 엔지니어들은 모델의 형상과 매개변수를 확인하는 웹을 중간매체로 사용할 수 있다. 그리고 번역 작업을 수행하는 웹서비스는 그 자체로 실행 가능한 모듈의 형태를 띠고 있으며, 필요한 곳에 배포되어 프로세스를 수행한다.

## 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 오동길은 API 함수를 활용하여 CAD 모델링과 CAE 해석에 필요한 경계조건 부여, 면의 정보를 자동으로 생성, 해석을 수행을 통한 설계최적화 연구를 수행하였다. 이를 통해 급형의 냉각문제를 위한 최적화 모델 생성을 시도하였다.<sup>[1]</sup>

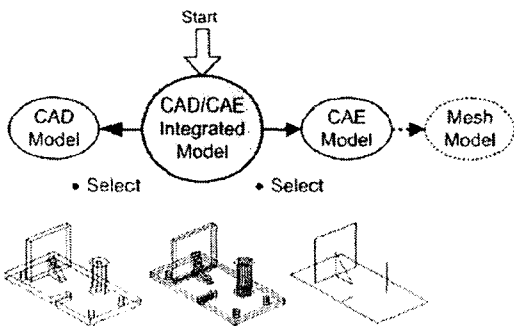


Fig. 1 CAD/CAE Integration by Integrated Model<sup>[2]</sup>

또한, CAD 와 CAE 모델은 근본적으로 다른 형태의 기하학적인 모델을 사용하고 있으나 이제까지의 모델 교환의 연구는 CAD 시스템을 기반으로 하

는 형상 전달에 치중이 되어왔다. 즉 특징형상에 의한 모델을 생성하는 CAD 시스템과 하나의 완전한 파트로 모델을 생성하는 CAE 시스템과의 호환성을 가지지 못함을 의미한다. Sang Hun Lee 는 선택적으로 설계와 해석을 수행 할 수 있는 모델을 통해 동시공학적 환경에 적합하도록 CAD-CAE 통합하고 있다. 이 시스템은 피쳐 기반의 NMT(Non-manifold Topological) 모델링 방법을 사용하고 있으며, Fig. 2 에서와 같이 설계와 해석을 위한 다른 타입의 기하학적 모델을 동시에 생성, 수정 및 변환할 수 있도록 하였다.<sup>[2]</sup>

### 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.

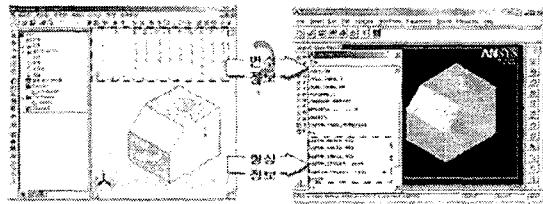


Fig. 2 An Example of Parametric Information Loss

문두환이 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 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).<sup>[3]</sup> 매크로 파라메트릭 방법론 2003 년 ISO TC 184/SC4 WG12 의 NWI(New Working Item)으로 채택되어 2D 스케치 명령어를 정의하고 있다.

매크로 파라메트릭 방법론은 CAD 시스템간의 모델 교환만을 지원하고 있는 단점을 가지고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 파라메트릭 방법론을 응

용하여 서로 다른 모델 구조를 가지고 있는 CAD와 CAE 간의 모델 및 변수 정보를 전달하고자 한다.

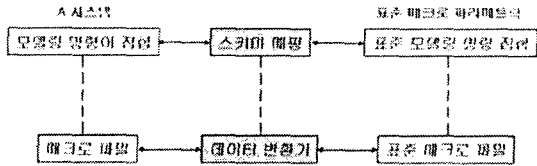


Fig. 3 A Concept of the Macro-Parametric Mapping<sup>[3]</sup>

### 2.3 XML를 통한 모델 표현

XML은 텍스트 기반 문서형식으로 플랫폼과 시스템 독립적이기에 어떠한 환경에도 데이터 교환이 가능하다. 즉, XML은 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 제공하는 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)이라는 상업용 PDM 시스템들이나 제품 교환을 위해 디자인된 XML DTD로 STEP의 모델링 언어인 EXPRESS를 XML과의 매핑을 통한 인터넷을 위한 제품 데이터 교환을 패러다임을 제안하였다.<sup>[4]</sup> Stephen C. F. Chan은 STEP 데이터를 인터넷을 통한 접근을 용이하게 위해 XML으로의 매핑 방법과 클라이언트에서 요구하는 정보를 가공하여 제공해 주는 XML 기반의 중개자(Mediator)를 제안하였다.<sup>[5]</sup>

### 2.4 분산된 설계 자원의 공유

정보기술의 발전과 분산된 가상기업 환경은 제품개발 프로세스 환경을 급속히 변화시키고 있다. 이러한 변화는 제품 설계 및 엔지니어링 서비스 과정에서 지리적인 한계 및 시간적인 한계를 극복하여 보다 효과적인 커뮤니케이션을 가능케하고, 보다 폭넓은 제품 정보를 획득하고 교환할 수 있도록 도와주고 있다. 특히, 웹 기술의 발전과 보편화로 인해 향후에는 네트워크 및 분산환경 하에서 협업적 제품개발 및 이와 관련된 많은 작업들이 이루어질 것이다. 따라서 통합적인 설계 환경 구축은 다수의 독립된 시스템을 사용하는 엔지니어들을 연계시키는 것으로, 이를 위해 표준 인터페이스를 통해 각각의 설계 자원의 활용이 가능하도록 하는 것이다.<sup>[6]</sup>

박지형은 웹서비스와 .NET Remoting 기술을 사

용하여 분산된 컴포넌트들을 통합함으로써, 원격지의 사용자들에게 웹 환경을 기반으로 통합된 환경을 제공하였다. 이 시스템에서는 웹서비스를 이용하여 CAD와 CAE 간의 링크 요구를 만족시키는 데이터 모델을 정의하고 설계와 해석 과정을 효율적으로 통합 및 자동화 수행하였다.<sup>[7]</sup>

## 3. XML을 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 분석할 필요성이 있다. CAD 시스템은 단지 형상의 모델링뿐만 아니라 다양한 설계에 관련된 정보를 다루고 있다. Fig. 4에서 보는 것과 같이 일반적으로 CAD 시스템은 모델의 형상 정보와 모델 생성 이력에 대한 정보, 사용자 정의 변수와 물체의 물성치, 기타 부가적인 정보 등을 제공하고 있다.

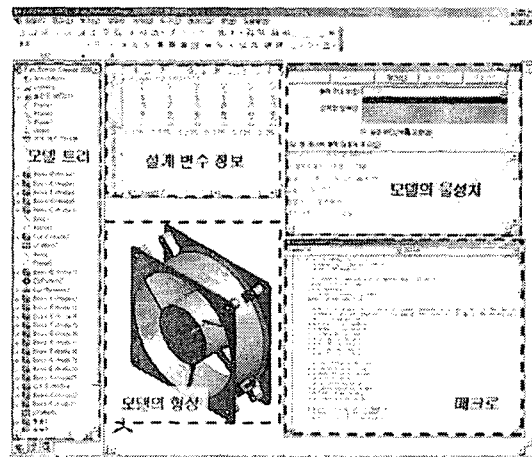


Fig. 4 Components of CAD system

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

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

명어 그룹(Surface), 솔리드 명령어 그룹(Solid), 구속 조건 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

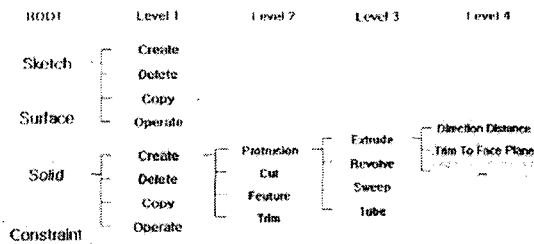


Fig. 5 Classification Tree of Modeling Commands<sup>[9]</sup>

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	VSBA,1,2
Intersect Volumes	VINT	FLST,2,2,6,ORDE,2 FITEM,2,1 FITEM,2,3 VINT,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 전환함으로 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.

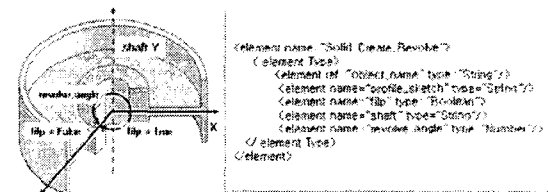


Fig. 6 XML Representation of a Model

Fig. 6 와 같은 스케치를 회전 보스 한 경우, 참조 되는 스케치(profile\_sketch), 회전 방향(filp), 기준축(shaft), 시작 각도(start\_angle), 종료 각도(end\_angle) 등의 설계 명령어로 모델이 생성된다. 이 설계 명령은 Fig. 5 와 같이 XML 로 구조화 되어 표현된다. 그리고 XML 문서의 구조를 표준적으로 기술하기 위하여 XML Schema 를 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.

시스템의 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 형태로의 변환 서비스를 제공한다.

Fig. 7 은 웹서비스의 구조로 CAD 시스템에서

상용된 매크로는 명령어와 이를 표현하는 스키마로 되어 있어, 이를 표준 명령어 집합과 XML 스키마와 매핑 작업을 통해 번역 작업을 수행하게 된다.

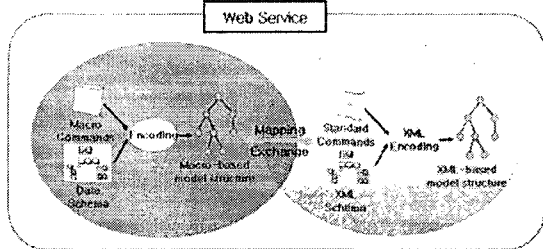


Fig. 7 A Structure of Translation Web-Service

#### 4. CAD/CAE 모델 교환 환경

##### 4.1 웹 기반 중립 포맷 가시화 환경

제품설계는 여러 명의 엔지니어들의 협업을 통해 이루어진다. 따라서 협의를 하기 위해서는 지리적으로 떨어져 있고 서로 다른 시스템 환경을 가지고 있는 엔지니어들이 하나의 동일한 인터페이스를 통해 제품 설계를 확인 할 수 있어야 한다.

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

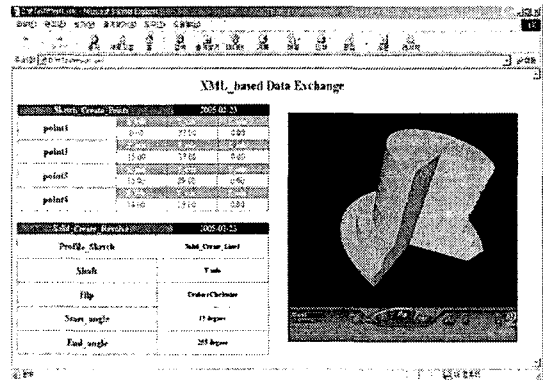


Fig. 8 A Snapshot of Model Exchanging Service

Fig. 8 와 같이 제품의 실제 형상이 어떻게 구현되어 있는지 VRML 을 통하여 확인할 수 있다. 이와 함께 퍼져 단위로 구성된 모델 이력을 확인하여 사용자가 원하는 설계 지식을 추출하거나 혹은 CAE 지원 위한 변수를 재설정을 수행 할 수 있다.

##### 4.2 웹 기반 중립 포맷 교환 환경

설계 및 생산 환경이 지역적으로 분산된 엔지니어들은 서로 다른 컴퓨팅 환경에서 협력적으로 설

계를 진행해가는 환경을 요구한다. 이질적인 환경속에서 동일한 설계 및 해석 서비스 제공하기 위한 방안으로 이 논문에서는 웹 서비스를 활용하였다.

웹서비스 기술은 통신 프로토콜로 HTTP 프로토콜을 사용하고, 데이터 기술 방법으로 현재 범용 데이터 표준 언어의 표준으로 자리잡고 있는 XML 을 사용한다. 따라서 웹서비스는 HTTP 와 XML 의 장점을 그대로 유지하여 시스템 독립성과 개발 언어 독립성 보장하고 기존의 HTTP 를 이용한 웹 환경을 사용하여 서비스를 제공한다.<sup>[10]</sup>

기존 CAD/CAE 시스템의 통합 시에는 웹에 적합한 데이터 포맷과 표준적인 데이터 교환 방식의 부재로 인한 문제가 있었다.

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.

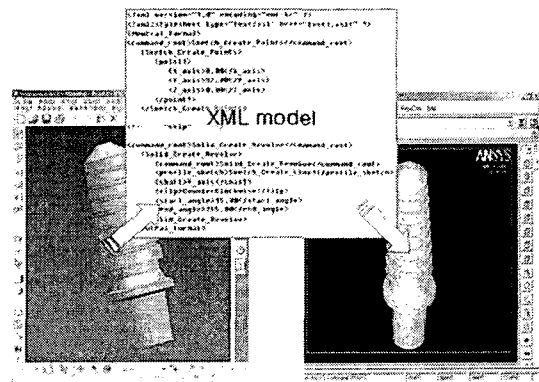


Fig. 9 A result of Web-Service for Model Exchanging

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

##### 4.3 시스템 구현 및 아키텍처

분산된 작업자 간의 협업 시 설계 데이터를 공유할 수 있어야 한다. 이를 위해 필요한 통합 시스템은 웹을 통해 여러 가지 기능 모듈과 연결되어 사용자의 요구에 응답하고, 능동적으로 사용자에게 데이터와 메시지를 전달하는 기능이 필요하다. 개발된 시스템은 분산된 엔지니어들에게 모델의

XML 변환 기능과 제품과 관련된 지식과 변수를 웹에서 삽입하고, 수정이 가능하다. 그리고 지리적으로 떨어져 있는 엔지니어들 간의 의견 교환을 수행할 수 있는 환경을 제공한다.

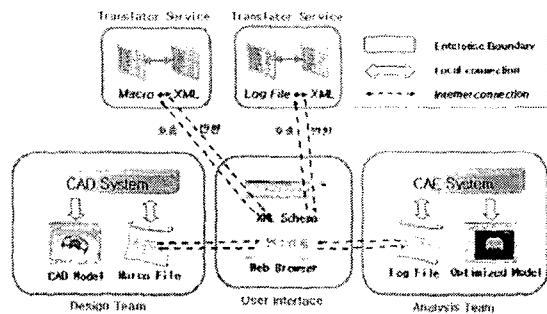


Fig. 10 Framework of Environment for a Model Exchange between CAD and CAE

Fig. 10 과 같은 웹서비스를 기반한 모델 교환 시스템은 제품 개발 협업이 이루어지는 환경에서 자원 공유 시스템을 구축하여 설계 팀, 해석 팀 간의 정보 공유 및 커뮤니케이션을 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 웹서비스를 통해 XML 로 변환하고, 변환된 XML 은 DOM(Document Object Model)를 통해 설계 지식과 변수 정보를 삽입 및 설계 팀과 해석 팀 간의 협의할 수 있는 환경을 통한 모델 수정을 가능하게 한다. 그리고 수정이 완료된 XML 모델은 Log 파일로 변환되고 이를 통해 CAE 에서 모델을 재생성 하게 되고, 해석 및 최적화를 수행하게 된다.

### 5. 결론 및 향후 연구

제품 모델에 대한 원활한 교환과 접근은 기업의 생산성을 향상시키는 중요한 요소이다. 하지만 제품과 관련된 데이터들은 지리적으로 분산된 여러 조직에서 생성되고 있으며, 서로 이질적인 데이터 포맷을 가지고 있어 제품모델 및 정보를 공유하고 교환하는데 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 분산된 환경에서 CAD 와 CAE 시스템에서 대한 통합과 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 형상

을 확인 할 수 있는 형상 관리 모듈, 모델의 번역 웹서비스를 개발하였다. 향후 다양한 형상의 번역 서비스 및 효과적인 설계 지식의 XML 표현에 대해서 다루어 나갈 것이다.

### 후 기

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

### 참고문헌

1. 오동길, 류동화, 최주호, 김준범, 하덕식, 밑AD와 유한요소해석을 연계한 금형 냉각문제의 설계최적화에 관한 연구? 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 9 권, 제 2 호, pp. 93-101, 2004.
2. Sang Hun Lee., 2005, 밑 CAD-CAE integration approach using feature-based multi-resolution and multi-abstraction modelling techniques? Computer aided design, V.37, no.9, pp.941-955.
3. 문두환, 한순홍, 매크로 파라메트릭 방법론 이용한 CAD 모델의 교환? 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 6 권, 제 4 호, pp. 254-262, 2001.
4. William C. Burkett, 밑product data markup language: a new paradigm for product data exchange and integration? Computer aided design, Vo. 33, No. 7, pp.489-500, 2001.
5. Chan, S. C. F. Dillon, T. Ng, V. T. Y., 밑xchanging STEP Data Through XML-based Mediators? Concurrent engineering, research, and applications, V.11, No. 1, pp. 55-64, 2003.
6. 이재열, 윤장혁, 이순재, 김현, 김광수, 프로세스 중심의 동적 엔지니어링 웹서비스 지원 방법에 대한 연구? 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 9 권, 제 4 호, pp. 361-372, 2004.
7. 박지형, 전지완, 김장원, 이재욱, 이규봉, 웹 서비스 기반 제품개발 엔지니어링 협업시스템? 한국 CAD/CAM 학회 논문집, Session 8, pp. 214-219, 2005.
8. 강원수, 제품모델링과 CAE? 대한조선학회지, 제 34 권, 제 4 호, 1997.
9. 양정삼, 한승홍, 김병철, 박찬구, 밑AD 모델 교환을 위한 매크로 파라메트릭 정보의 XML 표현? 대한기계학회논문집 A 권, 제 27 권, 제 12 호, pp. 2061-2071, 2003.
10. 오수영, 정문영, 조현성, 조현규, "웹서비스 통합 개발 환경 설계 및 구현", 한국전자거래학회 종합학술대회, pp. 431-440, 2002.