

경량 CAE 포맷을 이용한 다분야 CAE 관리 시스템 개발

박병건*, 김재정**

Multidisciplinary CAE Management System Using a Lightweight CAE Format

Byoung Keon Park* and Jay Jung Kim**

ABSTRACT

In the manufacturing industries, CAE analysis results are frequently required during the product development process for design verification. CAE data which include all related information of an analysis is, however, not efficiently shared among engineers because CAE data size is in general very large to deal with. At first, we represent a proposed lightweight format which is capable to include all the types of CAE analysis results and to support hierarchical data structure. Since each CAE system has different data structures of its own, a translator which translates to the proposed format is also represented. Unlike the design environment with CAD system, many CAE systems are used in a manufacturing company because many sorts of analysis are performed usually for a product design. Thus, lots of CAE results are generated and occupy huge size within storage, and they make it harder to manage or share many CAE results efficiently. A multi-CAE management system which is able to share many types of CAE data simultaneously using lightweight format is proposed in this paper. Finally, an implementation of the system for this will be introduced.

Key words : Multidiscipline, Collaborative Design, Finite Element Analysis, FEA, Interoperability, Scene-graph, Visualization, Data Exchange

1. 서 론

최근 항공, 선박 및 자동차 등의 제조 산업분야에서 3차원 CAD/CAM/CAE의 보급이 확산되면서, 설계 품질을 향상시키기 위한 수단으로 CAE 시스템을 도입하는 기업이 보편화되고 있다. 이러한 CAE 시스템의 도입은 제품 개발 초기에 설계된 모델의 거동 및 물리적 반응을 사전에 예측 가능하게 하여 시행착오로 인한 비용을 최소화 할 수 있기 때문에 충돌 해석, 유동 해석과 같은 다양한 종류의 CAE 시스템이 한 제품 설계에 활용되고 있다.

개발 초기에 설계 품질의 향상을 위해서는 해석 결과를 바탕으로 모델 내의 잠재적 문제에 대한 효율적

인 검토와 모델 수정이 이루어져야 한다. 이를 위해서는 CAD 설계자와 CAE 해석전문가 사이의 유기적인 협력이 요구되는데, 원활한 해석 결과 데이터의 공유가 이를 가능하게 한다. 또한 제품의 생명주기를 관리하는 관리자들도 해석 결과를 지속적으로 공유하여 소비자의 요구 및 시장의 조건에 동조하여야 한다. 하지만 CAE 해석 데이터의 경우 CAD 모델 데이터와는 달리 일반적으로 형상 정보 이외에 다량의 해석 정보를 포함하고 있어 그 사이즈가 매우 크기 때문에 현업에서 원활히 공유되기에는 문제가 있다.

위의 데이터 사이즈 문제들로 인한 현업에서의 문제점을 구체적으로 살펴보면 CAE 데이터의 관리적 한계 그리고 CAE 데이터의 활용적 한계로 나눌 수 있다. 관리적 측면에서의 대응량의 CAE 데이터는 작게는 수십 메가바이트에서부터 수십 기가바이트에 까지 이르기 때문에 네트워크를 통한 원활한 이동이 어려운 실정이다. 따라서 일반적으로 각 해석 엔지니어의 로컬 저장소에 각각의 데이터가 개별적으로 저장

*학생회원, 한양대학교 기계공학과

**중신회원, 한양대학교 기계공학과

- 논문투고일: 2009. 08. 14

- 논문수정일: 2010. 02. 08

- 심사완료일: 2010. 03. 03

되고 있으며 필요 시에 해석 데이터의 2D 이미지 또는 주요 수치들만이 설계 프로세스에 활용된다. 이러한 개별적인 데이터 보관은 전사적인 데이터 총체적 관리 체계를 저하시키고 무의미한 데이터의 축적으로 이어져 불필요한 비용을 소모하게 한다.

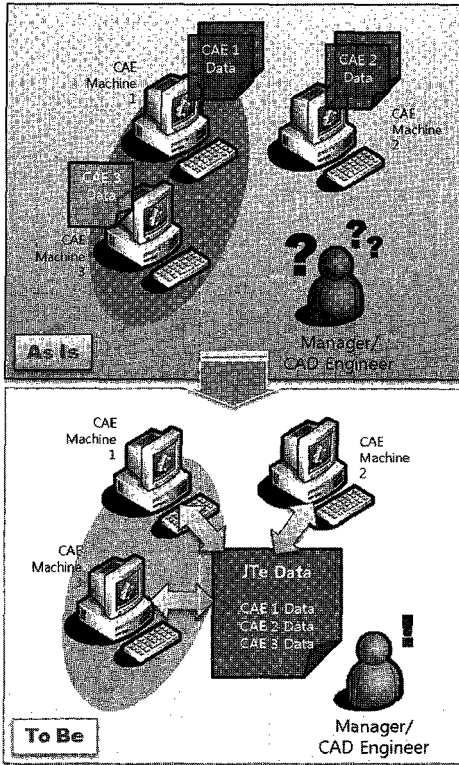


Fig. 1. As is and to be schema of proposed work flow.

활용적 측면에서의 단점으로는 앞서 언급한 내용과 같이 해석 결과를 바탕으로 모델에 대한 설계 변경 요구 시에 CAD 설계자는 단순한 2D 캡처 이미지와 수치적 결과만을 바탕으로 제품 모델을 수정해야 한다는 것이다. 따라서 이러한 조건은 비합리적 수준의 모델 수정의 가능성을 높인다. 더욱이 분산 환경의 협업 시에 빈번하게 제품 설계 프로세스의 참여자들 간의 협의가 일어나는데 이러한 상황에서도 CAE 데이터는 데이터 사이즈를 이유로 원활히 활용되기 어렵다. 또 다른 단점으로 각 해석 결과 데이터들의 CAE 소프트웨어에 대한 높은 의존성을 들 수 있다. 즉, 해석 결과의 특정 수치 및 형상을 확인하기 위해선 해당 해석 소프트웨어의 구동이 불가피하며 소프트웨어가 설치되지 않은 환경에서는 검토가 불가능하다. 이는 해석 소프트웨어의 업데이트 및 변경으로 기존의 해석 결과를 확인할 수 없게 될 가능성이 높음을 의미하며 여

러 종류의 해석 결과를 동시에 검토하기 위해 모든 해당 소프트웨어가 컴퓨터에 설치되어 있어야 하는 한계를 가진다.

이러한 CAE데이터의 관리적/활용적 한계 상황을 해결하기 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 목표를 설정한다. 첫째로 다양한 CAE 데이터를 계층적으로 저장할 수 있는 CAE 독립적인 경량 포맷을 개발하여 제품 설계 프로세스에서 발생하는 다양한 CAE 데이터를 하나의 가벼운 데이터 구조로 통합한다. 둘째로 이를 활용하는 다분야의 CAE 관리 시스템을 설계하여 각 엔지니어의 로컬 저장소에 무의미하게 존재하는 각 해석 데이터를 전 설계 프로세스에 걸쳐 효율적으로 활용할 수 있도록 한다(Fig. 1). 논문의 후반부에서는 구현된 시스템의 모습과 활용 안을 소개한다.

2. 관련 연구

2.1 중립 포맷을 활용한 데이터 공유

중립 포맷을 위한 데이터 공유는 CAD 분야에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 기존의 CAD 시스템에서 데이터 공유를 위한 연구들은 데이터 교환을 목적으로 DXF(Data Exchange File), IGES(Initial Graphics Exchange Specification), STEP(Standard for the Exchange of Product model data) 등의 중립 데이터 형식에 초점을 맞추어 진행되어 왔다. 이들 중립 포맷은 다양한 CAD 시스템간의 데이터 교환이 원활히 이루어지는 많은 문제점과 직접 번역기를 이용한 데이터 교환의 문제점을 해결하고자 제안되었다^[2,3].

중립 포맷을 활용한 가시화 시스템은 DXF, IGES와 STEP등의 데이터 고유의 표준화된 중립포맷을 활용하여 데이터 변환의 안정성을 보장하며, 가시화를 통해 기업 내 여러 분야에서 데이터 공유를 가능케 하였다^[4]. 하지만 이와 같이 기존의 중립 포맷들은 모델의 형상 정보 및 여러 속성 정보를 충분히 제공하지 않으므로 데이터 공유에 있어 설계자의 설계의도 파악이 어렵다. DXF는 설계도면 데이터를 교환하는 목적으로 개발되었으므로, 3차원 솔리드 모델 데이터에 적용할 수 없다는 단점이 있다. IGES는 3차원 모델 데이터의 교환이 가능하지만, 사용자가 원하는 만큼의 데이터 변환이 이루어지지 않으며, 형상데이터 이외의 정보들은 포함할 수 없다는 단점이 있다.

최근 중립 포맷으로 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 STEP의 경우 IGES에 비해 안정된 데이터 변환이 이루어지며, 제품의 형상 정보 및 수명 주기에 걸친 데이터를 포함하고 있다. 특히 STEP의 경우

AP209과 같은 해석 데이터 전용 프로토콜을 두어 해석 데이터에 대한 솔루션을 제공하고 있다^[14,16]. 하지만 AP209는 데이터를 포함할 공간의 표준은 제공하지만 데이터 자체에 대한 표준은 아니므로 특정 도메인의 적용에는 부차적인 구현 과정을 필요로 한다. 또한 아직 실무에 적용된 구현 예가 부족하여 실질적인 CAE 해석결과 가시화에 적용시키기는 어렵다^[7,8]. 또한 기존의 데이터 변환은 중립 포맷 형식을 위주로 진행되어왔으므로, 대형 모델의 가시화에서는 높은 효율을 보이지 못하고 있다^[17,18].

2.2 CAE 해석결과 가시화를 활용한 데이터 공유

일반적으로 CAE 해석결과와의 공유는 가시화를 통해 이루어지기 때문에 효율적인 가시화를 위한 연구 및 상용 시스템 개발이 진행되어 왔다. 한 예로 현재 CAE 해석결과 가시화를 위해 많이 사용되고 있는 시스템으로 HyperView, GLView 등이 있다. 이들은 유한요소해석, Multi-Body system 해석, 비디오 데이터, 공학 데이터 등을 처리하고 분석하기 위해 개발된 가시화 시스템으로써 CAE 해석결과 가시화뿐만 아니라 그래픽 기능을 제공하여 해석결과 값을 나타내기 때문에 보다 정확하고 빠른 결과 분석이 가능하다. 또한 다양한 해석 프로그램의 결과 파일까지 지원을 하기 때문에 넓은 분야에 응용 될 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이 시스템들은 상용 CAE 시스템에서 생성된 원본 파일을 이용해 CAE 해석결과를 가시화하므로 해석데이터의 대응량으로 인한 한계점을 지니고 있다.

CAE 해석결과 가시화를 활용한 데이터 공유에 관한 기존의 연구로, 상용 CAE 시스템에서 생성한 아스키(ASCII) 데이터를 이용하여 CAE 가시화 시스템을 개발한 사례가 있었다^[9]. 하지만 이 연구는 CAE 해석 데이터를 아스키 데이터에서 추출하여 활용함으로써 CAE 소프트웨어에 따라 Pre/Post Processing 정보에 대한 풍부한 정보를 얻는 데에 한계를 가질 수 있다. 또한 VR(Virtual Reality) 시스템을 위한 해석 데이터 가시화에 대한 연구도 있었다^[19]. 이 연구는 해석 가시화를 목적으로 한 자체 포맷을 개발하여 다양한 해석 데이터를 변환하는 과정을 소개하였다. 하지만 대응량 해석 데이터에 대한 처리 방안과 이를 효율적으로 관리할 수 있는 시스템에 대한 방안은 제시하지 않았다.

3. Multi-CAE 지원 시스템 개발

본 연구에서 제안된 시스템은 크게 세가지로 나뉜다. 첫째로 경량의 CAE 전용 공용포맷의 설계, 둘째

로 각 CAE 해석 원본 데이터에서 개발포맷으로의 변환, 그리고 마지막으로 개발된 포맷을 이용한 다분야 CAE 관리 시스템 개발로 나뉠 수 있다. 제안된 시스템의 대략적인 구성 요소 및 상호작용 개요는 Fig. 2에 표시하였다.

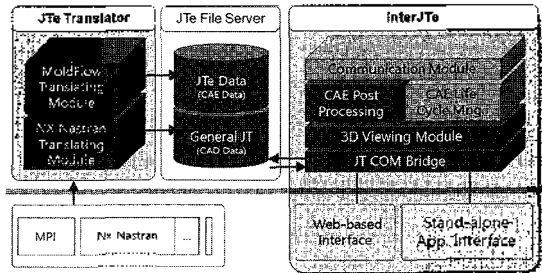


Fig. 2. Schema of proposed system and its work flow.

3.1 경량 CAE 공용 데이터 설계

전 설계 프로세스의 참여자들이 효율적으로 공유하고 활용할 수 있는 공용포맷을 위한 요구조건을 세가지로 구체화하면 다음과 같이 정의 될 수 있다. 첫째로 공용포맷의 파일 사이즈가 가벼워야 하며, 둘째로 다분야의 해석 데이터를 한 구조 안에 계층적으로 관리할 수 있어야 한다. 마지막으로 다양한 분야의 해석 시스템과의 호환성을 보장해야 한다는 것이다.

대부분의 CAE 데이터 활용상의 문제점은 방대한 파일 사이즈가 원인이었으므로, 개발된 포맷이 가장 우선적으로 만족해야 할 사항은 파일 사이즈의 경량화이다. 본 연구에서는 두 종류의 압축 과정을 적용하였다. 하나는 해석 원본 데이터의 필터링(Filtering)이며 또 하나는 형상 데이터 압축 과정이다. 실제로 해석 원본 데이터에는 전처리/해석/후처리에 필요한 모든 정보가 포함되어 있기 때문에 그 사이즈가 커질 수밖에 없다. 하지만 해석 데이터를 공유하고자 하는 다른 도메인의 엔지니어들이 원본 해석 데이터가 포함하는 모든 정보를 필요로 하는 것은 아니다. 따라서 본 포맷을 개발하기 전과정으로 현업의 요구를 정리한 다수의 연구^[17,18,20,21]와 설문을 통해 꼭 필요한 정보만을 선별하였다. 포맷 내로 포함될 선별 정보는 다음과 같다.

- 1) Geometrical Information (Nodal coordinates)
- 2) Topological Information (Mesh/Element)
- 3) 3D Graphical Analysis Result
- 4) Numerical Reports
- 5) Analysis Properties

다음 과정으로 형상을 압축 하는 과정이다. 우선 압축을 위해 해석 데이터에서 추출된 다양한 형상 정보를 삼각 메쉬로 변환을 수행하였다. 변환된 삼각 메쉬들은 중복되는 메쉬들을 제거한 후 Mesh segmentation^[22,23] 기술을 통해 사이즈를 경량화 하였다.

다음 요구조건으로는 다수의 해석 데이터를 계층적으로 관리할 수 있는 포맷이어야 한다는 것이다. 한 프로세스에 한 개 또는 소수의 시스템이 존재하는 CAD 분야와는 달리 CAE는 다양한 해석 분야만큼이나 다수의 소프트웨어 및 파일 타입이 존재한다. 따라서 한 제품에 관련되어 발생하는 다양한 데이터를 효율적으로 관리하기 위하여는 포맷 내에 다수의 데이터를 계층적으로 저장 할 수 있는 트리 구조의 구조설계가 요구된다.

마지막 요구조건으로는 데이터의 호환성이다. 해석 데이터는 분야에 따라 다양한 결과 타입이 존재하며 그에 따른 여러 속성정보도 함께 저장되어야 의미가 있다. 가령, 변위에 관련한 결과 정보는 그 크기를 스칼라(scalar) 양으로 표현할 수 있지만 방향을 포함한 벡터(vector) 성분으로 표현될 수 있기 때문에 각 결과의 저장하는 공간이 다형성을 추구해야 한다. 따라서 개발될 포맷은 다양한 해석 결과 종류에 유연히 대응해야 한다는 요구조건을 갖는다.

본 연구에서는 포맷 개발의 시간적 비용 소모를 최소화 하기 위해 기존 CAD 분야에서 대용량 데이터의 효율적 가시화를 위해 널리 쓰이는 Siemens 社의 JT 포맷을 본 연구에 맞게 수정하여 사용하기로 한다. JT 포맷은 Scene-Graph 를 기반으로 개발된 포맷으로 대

용량의 형상 데이터를 독자적 압축 에이전트를 사용하여 경량화하고 또한 다수의 형상 모델을 계층적으로 관리할 수 있는 포맷이므로 앞서 언급한 요구조건에 적합하다. 본 연구에서는 JT 포맷내의 Scene-graph 구조를 Fig. 3와 같이 재설계하여 독자적 CAE 전용 공용포맷인 JTe 포맷을 설계하였다. 각 노드에는 변환되지 않은 원본의 해석 데이터를 포함시켜 결과에 대한 정확성을 높였으며, 결과 이외의 해석에 사용된 주요 정보들을 속성 테이블을 사용해 저장하였다. Table 1에 각 단위 Node에 포함되는 속성 정보를 표시하였다.

Table 1. JTe properties descriptions

NAME	Description
"JTe"	Tag for discriminating between general JT and JTe format
"JTe_Type"	Specific CAE analysis type name, ex)"Deflection"
"Revision"	Identification number of the model
"Max_Scalar"	The maximum scalar value
"Min_Scalar"	The minimum scalar value
"Vec_Scl"	vector type and scalar type
"Time_trans"	Time-transient result or not

3.2 CAE 데이터 번역기 개발

개발된 JTe 포맷으로의 번역을 위한 번역기는 각 CAE 소프트웨어의 결과 파일을 JTe 포맷으로 번역하는 프로그램으로 다음과 같은 두 가지 주요 이슈가 존재한다. 첫째로, 각 CAE 시스템 내에서 다루지는 독자적 결과 파일들은 일반적으로 네이티브(native) 형식으로 암호화 되어있다. 따라서 원하는 모델 정보 및 결과를 추출하기 위해서는 아스키(ASCII) 형식과 같은 암호화되지 않은 형식의 파일로 저장하여 해석하는 방법과 API를 통하여 직접 네이티브 결과 파일을 해독하는 방안이 있다. 첫 번째 방안은 비교적 쉽게 구현할 수 있다는 장점이 있지만, 사용자가 소프트웨어 내에서 일일이 다른 형식으로 저장하여야 하므로 시간적 비용의 소모뿐만 아니라 다른 형식의 파일에서 추출할 수 있는 정보들이 제한적이다. 그에 반해 두 번째 방안은 각 시스템의 API에 적용하기 위한 시간이 소요되지만, 해석 네이티브 결과 파일에 직접 접근하여 시스템이 제공하는 풍부한 데이터를 얻을 수 있고 번역의 전 과정이 프로그램 내에서 자동으로 이루어 질 수 있다는 등의 많은 장점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 각 CAE 시스템이 제공하는 API를 통해 모델의 정보 및 각 결과 데이터를 추출하였다.

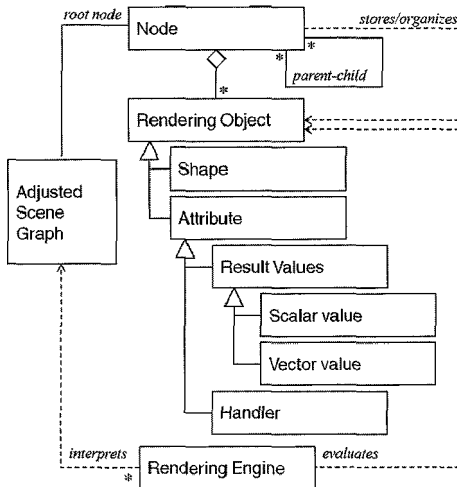


Fig. 3. The adjusted scene graph of the proposed format.

둘째로, 해석 모델의 다양성에 대한 해결이 요구된다. 해석 모델을 표현하는 메쉬(mesh 혹은 element)의 종류뿐 아니라 결과의 형식이 매우 다양하기 때문에 이를 정의된 *JTe* 구조 내에 저장하기 위해서는 별도의 매핑 알고리즘이 필요하다. 예를 들어 구조 해석 분야의 대표적 소프트웨어인 ANSYS의 경우 Table 2에서와 같이 메쉬의 카테고리만해도 Spars, Beams, Pipes, 2-D Solids, 또는 3-D Solids 등을 포함하여 12가지로 나뉘며 각각의 카테고리에는 다양한 종류의 메쉬 타입이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 앞서 언급하였듯이 이러한 다양한 메쉬 타입들을 연결된 삼각형그룹(triangle strip)으로 통합하고 중복된 위상 요소들을 제거하여 용량을 최소화 하는 알고리즘을 개발, 적용하였다. 또한 유동해석 결과와 같이 시간에 따라 상이한 데이터를 갖는 결과 타입을 위하여는 수치들의 용량 최소화를 위해 형상 검색 테이블(geometry lookup table)를 정의하여 중복된 결과가 저장되어 이로 인한 불필요한 용량 사용을 최소화 하였다.

Table 2. Mesh categories and name of ANSYS

Category	Element Name(s)
Spars	LINK1, LINK8, LINK10, LINK130
Beams	BEAM3, BEAM4, BEAM23, BEAM24, BEAM44, BEAM54, BEAM188, BEAM189
Pipes	PIPE16, PIPE17, PIPE18, PIPE20, PIPE59, PIPE60
2-D Solids	PLANE2, PLANE25, PLANE42, PLANE82, PLANE83, VISCO88, VISCO106, VISCO108, PLANE145, PLANE146, PLANE182, PLANE183
3-D Solids	SOLID45, SOLID46, SOLID64, SOLID65, VISCO89, SOLID92, SOLID95, VISCO107, SOLID147, SOLID148, SOLID185, SOLID186, SOLID187, SOLID191
Shells	SHELL28, SHELL41, SHELL43, SHELL51, SHELL61, SHELL63, SHELL91, SHELL93, SHELL99, SHELL150, SHELL181
Solid-Shell	SOLSH190
Interface	INTER192, INTER193, INTER194, INTER195
Contact	CONTACT12, CONTACT52, TARGET169, TARGET170, CONTACT171, CONTACT172, CONTACT173, CONTACT174, CONTACT175, CONTACT176, CONTACT178
Coupled-Field	SOLID5, PLANE13, FLUID29, FLUID30, FLUID38, SOLID62, FLUID79, FLUID80, FLUID81, SOLID98, FLUID129, INFIN110, INFIN111, FLUID116, FLUID130
Specialty	COMBIN7, LINK11, COMBIN14, MASS21, MATRIX27, COMBIN37, COMBIN39, COMBIN40, MATRIX50, SURF153, SURF154
Explicit Dynamics	LINK160, BEAM161, PLANE162, SHELL163, SOLID164, COMBI165, MASS166, LINK167, SOLID168

3.3 Multi-CAE 지원 시스템 개발

설계된 *JTe* 포맷 내에는 한 제품에 관련된 다양한 해석 분야의 다수의 해석 결과 및 관련 데이터가 체계적으로 저장되어 있기 때문에 이를 통해 전 프로세스에 걸쳐 다양한 CAE 데이터를 공유하며 활용할 수 있는 다분야CAE 관리 시스템(이하 *Inter.JTe*)의 개발이 가능해진다. 본 연구의 목적에 맞게 활용 시스템은 Fig. 4의 도표와 같이 5가지 모듈을 중심으로 개발되었다.

가장 기본이 되는 ‘3D Geometry Viewing’ 모듈은 해석 모델의 형상을 삼차원으로 가시화하고 기본적인 조작(manipulating; rotating, panning, and scaling)이 가능하도록 하는 모듈로, 가시화의 효율성을 높이기 위해 후면제거(back face culling) 또는 내부 메쉬 제거와 같은 알고리즘을 적용하였다.

‘CAE Result View’ 모듈은 *JTe* 포맷에 저장된 결과들을 화면상에 표시하고 이를 직관적으로 이해하도록 돕는 모듈이다. 기본적으로 각 해석 수치를 최소/최대 수치에 맞게 색상을 분포시켜 Fig. 5와 같이 모델 상에 자연스럽게 입히는 기능(smooth plot)과 등고선과 같이 같은 결과 수치들을 선별하여 동일한 색상으로 매핑하는 기능(contour plot)을 수행한다. 또한 각 색상이 의미하는 수치적 정보들 컬러바(color bar)로 표시하는 기능을 수행한다. 이러한 색상정보들은 사용자의 기호에 맞게 수정할 수 있도록 하였다. 특히 결과의 종류가 백터 수치일 경우 각각의 결과는 차원상의 화살표로 표시(vector plot)하여 사용자로 하여금

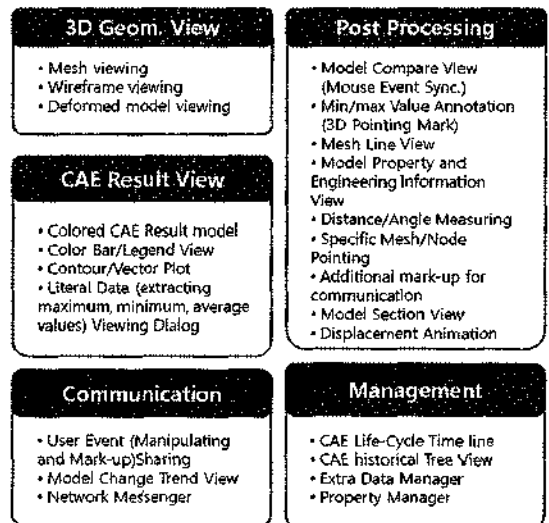


Fig. 4. Modules included in the multidisciplinary CAE system.

직관적으로 결과를 검토할 수 있도록 하였다. ‘Post Processing’ 모듈은 본 시스템이 CAE 지원 시스템이기 때문에 기본적인 해석 후처리 과정(post processing)을 수행할 수 있도록 하는 모듈이다. Fig. 6에서와 같이 솔리드 해석결과와 경우에 단면의 결과 수치를 볼 수 있는 ‘Section View’ 기능, 사용자가 선택한 특정 위치의 결과 수치를 표시하거나 두 지점의 수치 차이 등을 계산할 수 있는 ‘measure view’, 현재 모델의 속성 정보를 볼 수 있는 ‘property view’ 기능 그리고 유동 해석과 같은 결과 수치를 동영상으로 검토할 수 있는 ‘animation view’ 등으로 구성되어 있다. 특히 ‘compare view’는 본 개발 시스템에서만 가능한

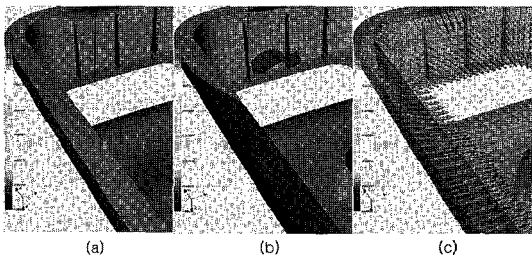


Fig. 5. Examples of (a) Smooth Plot, (b) Contour Plot and (c) Vector Plot.

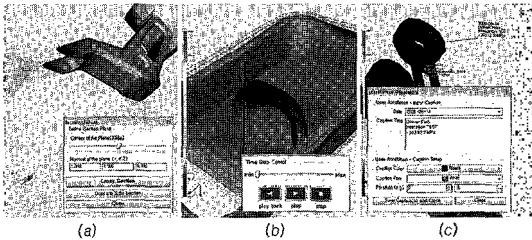


Fig. 6. Examples of (a) Section View, (b) Animation View and (c) User Markup.

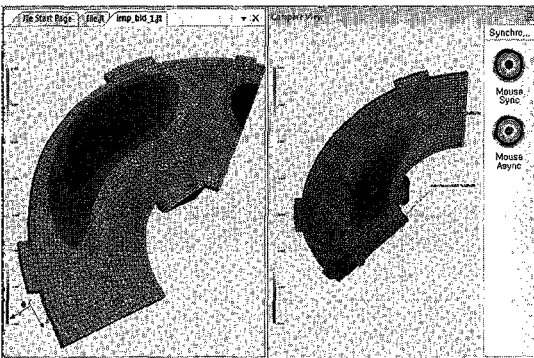


Fig. 7. Examples of compare view with different two CAE models.

후처리 작업으로 하나의 *Itt* 파일 구조 내에 다양한 해석 결과가 존재하므로 상이한 두 결과 모델을 동시에 비교하며 활용하는 기능이다(Fig. 7).

‘Communication’ 모듈은 분산 환경에서의 협의 시 다수의 참여자가 네트워크로 CAE 모델을 검토하는 모듈이다. 이 모듈에는 기본적으로 텍스트 기반의 대화 기능이 포함되며 더불어 모델의 조작 이벤트도 네트워크로 공유하여 모든 협의 참여자가 같은 모델의 형상을 보며 능동적인 검토할 수 있도록 하였다.

마지막으로 ‘Management’ 모듈은 다양한 CAE 데이터를 효율적으로 관리할 수 있도록 지원하는 모듈이다. CAD 분야의 PDM과 같이 각 CAE 데이터 역시 그에 대한 일관적인 관리가 필요하며 이를 위해서는 각 데이터에 대한 검색, 색인 및 수정 기능이 기본적으로 포함되어야 한다. 또한 각 CAE 데이터의 리비전(revision), 최종 수정자 및 권한 등을 관리하여 해석 데이터의 총체적 관리를 가능하게 하는 기능을 포함하며, 해석에 관련된 여타 종류의 문서 파일들 또한 계층구조 안에 저장하여 검색 및 활용할 수 있는 기능도 포함되어 있다. 특히 관리자로 하여금 모델 수정 이력에 따른 해석 결과의 추세(trend)를 평가할 수 있는 ‘CAE lifecycle time line’ 기능은 해석에 대해 상대적으로 익숙하지 않은 사용자도 다양한 해석 결과를 총체적으로 평가할 수 있도록 하였다(Fig. 8).

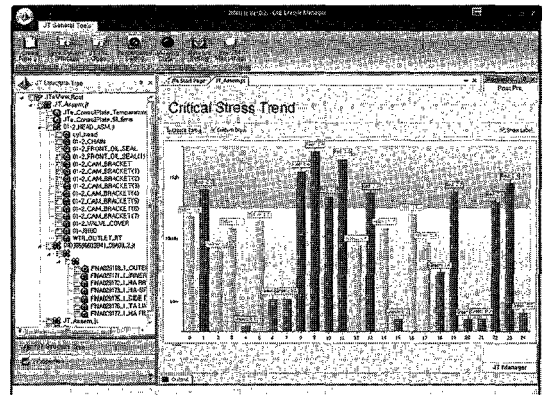


Fig. 8. Examples of CAE lifecycle trend view.

4. 시스템 구현

본 시스템의 구현환경 및 언어, 그리고 구현 대상 CAE 시스템을 Table 3에 표기하였다. 번역기는 C++를 기반으로, 그리고 *InterItt*는 C#과 Microsoft .NET

Table 3. Implementation information table

Category	Description
OS	- Microsoft XP(32/64 bit) - Vista(32/64 bit)
Language (Translator)	- C++ - JT Open Toolkit
Language (Inter/Jte)	- C# - JT Open Toolkit
Graphic Library	- Visualization Toolkit(VTK)
Framework	- MS .NET Framework v2.0
CAE Systems	- Moldflow Plastics insight v5.0 - Ansys Workbench v11 - UGNX Nastran, Algor, Fluent, Etc.

Framework를 기반으로 개발하였다. ‘Communication’ 모듈내의 통신을 위해서는 Microsoft SOAP 통신을 사용하였으며, JT 포맷의 재설계와 포맷의 임출력을 위해서는 JT Open Toolkit 4.0을 사용하여 Jte 포맷을 설계하였다.

시스템의 기본인 모델의 가시화를 위해서는 공개 라이브러리인 ‘Visualization Toolkit(이하 VTK)’를 사용하여 개발하였다. VTK는 주로 의공학 분야에서 인체 모델링 및 의료 진단 분야에 많이 사용되는 그래픽 라이브러리로서 최근에 공학 분야 및 CAE 분야에서 사용 예가 많아 지고 있다. 특히 가시화를 위한 다양한 클래스들과 알고리즘들의 소스 코드를 보






유하고 있어 시스템의 개발 기간을 단축시킬 수 있었다.

개발상의 가장 난해한 부분은 각 CAE 시스템의 API 사용에 관한 것이었다. 각각의 API 언어를 익히고 그를 통해 원하는 결과 데이터를 얻는 데에 비교적 많은 비용이 소모되었으며 더욱이 각각의 API 언어가 달라 개발 시스템과의 연동을 위한 해결책이 필요하였다. 따라서 각 언어들간의 연동 및 통신을 위해 COM 기반의 인터페이스를 설계하여 각 CAE 시스템의 API를 연동하도록 구현하였다.

개발된 번역기는 Fig. 9(a)와 같이 해당 CAE 시스템에서 다루는 해석 종류를 옵션 창으로 선택할 수 있게 하여 사용자가 원하는 종류의 결과만 JT로 추출할 수 있도록 구현하였으며 원본 CAE 데이터 대비 번역 압축률 결과는 Table 4에 표기하였다. 약 100여 개의 해석 결과를 대상으로 한 압축률의 평균은 93.4%였다.

개발된 Inter/Jte의 GUI는 Fig. 9(b)에 표시하였다. 크게 불러온 Jte 포맷 내의 계층적 구조를 트리 형태로 표시할 수 있는 창, 현재 해석결과의 속성을 볼 수 있는 속성 창, 모델의 형상 및 결과가 표시되는 뷰어 창, 그리고 가시화 조정 및 각 기능을 수행하는 창들로 구성되어 있다. CAE 해석에 익숙하지 않은 사용자들도 쉽게 활용할 수 있도록 최대한 직관적인 인터페이스를 구현하였다.

Table 4. Samples of results and compression ratio

Product model	Type/System	Original Data Size	Included Data	Translated PAM Size	Compression Ratio
	3D Surface/ Heat Analysis/ Ansys	152.3MB	Scalar Result (9ea) Vector Result (3ea) Graph result (4ea)	5.7MB	96.2%
	3D Solid/ Structural/ Abaqus	58.1MB	Scalar Result (12ea) Vector Result(15ea) Graph result (1ea)	8.5MB	85.4%
	3D Surface/ Mold Analysis/ Moldflow	14.2GB	Scalar Result (15ea) Vector Result (3ea) Graph result (4ea)	77.0MB	99.5%
	2D Surface/ Fluid Dynamics/ Fluent	3.9GB	Scalar Result (10ea) Vector Result(21ea) Graph result (3ea)	62.5MB	93.8%
	3D Assembly/ CAD/ CATIA	12.9MB	Assembly (9ea) Part (43ea) Drafting (0ea)	0.7MB	94.6%

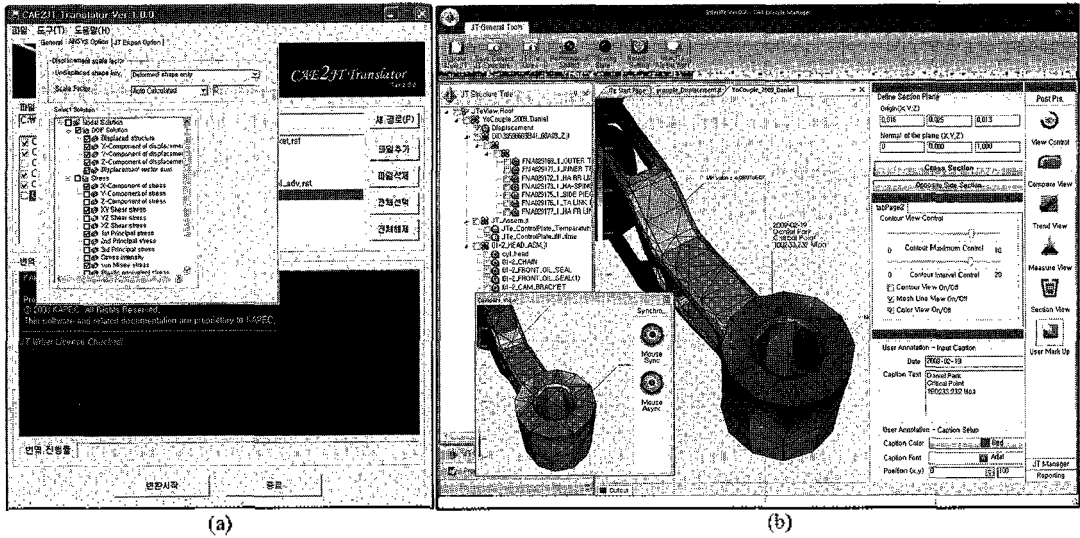


Fig. 9. The graphic user interface of (a) CAE2JTe Translator and (b) the System InterJTe.

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 분산 환경 내의 협업 상황에서 설계 프로세스에 참여하는 각 도메인의 참여자가 능동적으로 CAE를 활용할 수 있도록 하는 공용 포맷인 JTe와 이를 활용한 Multi-CAE 지원 시스템, InterJTe를 소개하였다. 본 시스템은 크게 세 그룹의 사용자를 대상으로 개발되었다. 첫째로 CAE 엔지니어에게는 한 번의 데이터 변환으로 어느 곳이든 JTe가 저장된 웹 서버를 통해 CAE 데이터를 검토할 수 있으며, 특정 제품에 관련된 과거의 해석을 재활용 할 수 있어 CAE 지식의 축적에도 도움이 된다. 둘째로 CAD 설계자들에게는 더 이상 제한된 2D 이미지나 수치 데이터를 통해 설계 수정을 하는 것이 아니라 3D 모델을 직접 확인하며 설계를 수정할 수 있어 합리적 수준의 모델 수정이 가능하게 되고, 설계 수정에 따른 해석 결과의 변화를 경험함으로써 CAE 지식의 습득이 가능하게 된다. 마지막으로 제품 생산 관리자들에게는 본 시스템을 통하여 제품 설계 수정 이력에 따른 해석 결과의 변화 추세를 직관적으로 관리할 수 있게 되며 그룹 내 협의 시에 CAE데이터를 능동적으로 활용할 수 있게 될 것으로 기대한다.

향후로는 대상 본 연구에서 제안된 CAE 시스템의 범위를 확장시켜 해석 데이터의 활용성을 높이고, 현재 CAE 데이터에 한정되어 있는 본 시스템을 PLM 및 PDM 솔루션과 연동하여 보다 체계적이고 총체적인 관리 시스템을 구현할 계획이다.

참고문헌

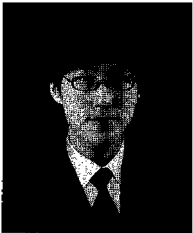
1. 방효철, 서경천, 김재정, 2007, "ACIS 데이터로부터 JT 데이터로의 번역기 개발", 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 343-352.
2. Reed, K., Harrod, D. and Conroy, W., "The Initial Graphics Exchanges Specification (IGES) Version 5.0", NIST, 1990.
3. Helpenstein, H. J., "CAD Geometry Data Exchange Using STEP", Springer-Verlag, 1993.
4. 이영준, 고광옥, 유상봉, 1996, "STEP을 이용한 CAD 데이터 변환 시스템의 구현", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제1권, 제2호, pp. 87-96.
5. 백주환, 민승재, 2007, "STEP을 이용한 구조해석 및 최적설계 정보교환", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제12권, 제1호, pp. 8-14.
6. 이계철, 김준환, 한순홍, 1999, "웹 상에서 STEP 조립체 모델의 가시화", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 295-299.
7. Deng, Y. M., Lam, Y. C., Tor, S. B. and Britten, G. A., "A CAD-CAE Integrated Injection Molding Design System", *Engineering with Computers*, Vol. 18, No. 1, pp. 80-92, 2002.
8. Tanaka, F. and Kishinami, T., "STEP-Based Quality Diagnosis of Shape Data of Product Models for Collaborative E-engineering", *Computers in Industry*, Vol. 57, No. 3, pp. 245-260, 2006.
9. 김현구, 송인호, 정성중, 2007, "사출 금형 협업 설계를 위한 CAE 가시화 시스템 개발", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 667-673.
10. Bartz, D., 2001, "Jupiter: A Toolkit for Interactive Large Model Visualization", IEEE Symposium on

Parallel and Large Data Visualization and Graphics proceedings.

11. 김재정, "CATIA로 배우는 CAD/CAM", Pearson Education Korea, 2001.
12. ANSYS 10.0 Help.
13. UGS, JT Open Toolkit v4.0.0.0 Online Document, 2007.
14. Keith A. Hunten, P.E. CAD/FEA Integration with STEP AP209 Technology and Implementation. MSC's Proceedings for Its 1997 Aerospace Users' Conference
15. Sebastien Charles, Benoit Eynard, Peter Bartholomew, Christian Paleczny, "Standardization of the Finite Element Analysis Data-exchange in Aeronautics Concurrent Engineering", *JCISE*, Vol. 5, pp. 63-66, 2005.
16. MSC Software. MSC.PATRAN Release Guide for Version 8. 1998, <http://www.mscsoftware.com/>
17. Ken Blakely, Larry Johnson, Boma Koko, Ray Amador, and Arthur H. Fairfull. "Integrating CAE and PDM: A First Step Towards Providing Simulation

Data Management", *Integrated Enterprise Journals*, Vol. 2, No. 2, pp. 7-16, 2001.

18. González, M., González, F., Luaces, A. and Cuadrado, J., "Interoperability and Neutral Data Formats in Multibody System Simulation", *Multibody Syst Dyn*, Vol. 18, pp. 59-72, 2007.
19. 송인호, 양정삼, 조현제, 최상수, "가상현실 환경을 위한 해석데이터 변환 기술 개발", 한국CAD/CAM 학회 논문집, 제13권, 제5호, pp. 334-341, 2008.
20. CAE Management Concept. © PROSTEP AG, pp. 1-12, 2005.
21. Armstrong, C. G., "Modelling Requirements for Finite-element Analysis", *Comput Aided Des.*, Vol. 26, No. 7, pp. 573-8, 1994.
22. Park, S.-B., Kim, C.-S. and Lee, S.-U., "Error Resilient 3D Mesh Compression", *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 8, No. 5, pp. 885-895, 2006.
23. Chevalier, L., Jaillet, F. and Baskurt, A., "Segmentation and Super Quadric Modeling of 3D Objects", *Journal of WSCG*, Vol. 11, No. 1, 2003.



박 병 건

2005년 한양대학교 기계공학부 학사
 2007년 한양대학교 기계공학과 공학석사
 2007~현재 한양대학교 기계공학과
 박사과정
 관심분야: PDM/PLM, Bio-CAD



김 재 정

1981년 한양대학교 경일기계공학과 학사
 1983년 미국 George Washington대학
 공학석사
 1983년~1984년 미국 National Food
 Processors Association 연구원
 1989년 미국 MIT 공학박사
 1989년~1991년 미국 IBM T.J. Watson
 연구소 연구원
 1991년~1993년 한국 IBM 소프트웨어
 연구소 연구원
 2002년~2003년 미국 NIST 객원 연구원
 2003년 프랑스 Dassault System 객원
 연구원
 1993년~현재 한양대학교 기계공학부 교수
 관심분야: Geometric Modeling, CAD/
 CAM 응용, PDM/PLM