

가상현실 환경을 위한 해석데이터 변환 기술 개발

송인호*, 양정삼**, 조현제***, 최상수****

Development of CAE Data Translation Technique for a Virtual Reality Environment

Inho Song*, Jeongsam Yang**, Hyunjei Jo*** and Sangsu Choi****

ABSTRACT

Computer-aided engineering (CAE) analysis is considered essential for product development because it decreases the simulation time, reduces the prototyping costs, and enhances the reusability of product parts. The reuse of quality-assured CAE data has been continually increasing due to the extension of product lifecycle management; PLM, which is widely used, shortens the product development cycle and improves the product quality. However, less attention has been paid to systematic research on the interoperability of CAE data because of the diversity of CAE data and because the structure of CAE data is more complex than that of CAD data. In this paper, we suggest a CAE data exchange method for the effective sharing of geometric and analysis data. The method relies on heterogeneous CAE systems, a virtual reality system, and our developed CAE middleware for CAE data exchange. We also designed a generic CAE kernel, which is a critical part of the CAE middleware. The kernel offers a way of storing analysis data from various CAE systems, and, with the aid of a script command, enabling the data to be translated for a different system. The reuse of CAE data is enhanced by the fact that the CAE middleware can be linked with a virtual reality system or a product data management system.

Key words : computer aided engineering, middleware, kernel, interoperability, virtual reality

1. 서 론

제품개발 프로세스에서 CAE 해석은 시뮬레이션 시간과 프로토타입 수를 줄여, 기업의 생산성 향상을 위한 필수적인 과정으로 활용되고 있다. 또한, 제품 개발업무의 기간 단축과 품질 향상을 강력하게 지원하기 위해 도입되고 있는 PLM 시스템의 확장으로 인해, 품질이 확보된 CAE 데이터의 활용도는 다양한 제품 개발시스템과의 연동을 통하여 지속적으로 확산되고 있다. IT시장조사업체인 DaraTech는 105억달러 규모인 2005년 PLM 시장에서 CAE 시장이 21%를 차지했고, 2006년에는 24억 달러를 돌파하는 등 앞으로

CAE가 PLM시장의 성장을 주도할 것이라는 전망을 내놓은 바 있다^[1].

CAE 데이터 가시화에 관련된 연구로서, Frisch 등^[2]은 자동차 충돌 시뮬레이션시 전처리과정(Pre-processing)을 통해 CAE 데이터를 가시화하는 방법을 연구하였다. Reimersdahl 등^[3]은 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석결과를 Haptical 프리젠테이션에 적용하는 방법을 연구하였다. 이 연구는 해석결과데이터 중에 스칼라(Scalar)값과 벡터(Vector)값을 이용하여 햅틱 렌더링(haptic rendering) 장비에서 가시화하는 방법에 대하여 소개하였다. 또한, Larame와 Hauser^[4]는 Color-mapping, Glyphs와 텍스처를 이용하여 CFD 시뮬레이션 결과로부터 얻어진 유동에 대한 정보를 가시화하는 방법을 연구하였다. 그러나 이들 연구는 해석결과를 가시화하는 방법론에 대한 연구를 수행한 결과들이고, 해석결과에 대한 데이터 교환을 목적으로 진행된 사례는 없었다.

한편, CAE 데이터를 교환하기 위해 개발된 상업용

*중신회원, 아주대학교 산업정보시스템공학부

**중신회원, 교신저자, 아주대학교 산업정보시스템공학부

***정회원, 그래픽스연구원

****정회원, 그래픽스연구원

- 논문투고일: 2008. 03. 21

- 논문수정일: 2008. 06. 09

- 심사완료일: 2008. 06. 10

시스템들 가운데 Immersive Sim Engineering 사의 immersive SIGHT는 FEA(finite element analysis) 결과를 VRML과 X3D로 변환하여 가시화하는 툴이다. 그러나 immersive SIGHT는 FEA분야에만 한정되고 CAE데이터의 변환과 가시화 기능만을 지원하고 있다¹⁾.

국제표준인 STEP (ISO 10303)은 표준 데이터 모델을 이용하여 CAE 결과를 공유하는 응용프로토콜을 제공한다. 즉, 형상 정보를 표현하기 위한 AP214⁶⁾와, FEA와 CFD정보를 표현하기 위한 STEP AP209⁷⁾를 이용하여 CAE 결과를 공유할 수 있다. 하지만, 최근에 출시된 CAE 시스템들이 CAE 데이터의 다양성과 변환기의 복잡성으로 인하여 AP209와 AP214를 제대로 지원하지 못하고 있기 때문에, 상업용 CAE 솔버(solver)들로부터 생성된 해석 데이터를 STEP을 이용하여 교환하는 방법에는 한계가 있다⁸⁾.

많은 기업에서는 제품의 성능 향상이나 설계 최적화 그리고 개발시간 및 비용 절감의 차원에서 CAE시스템의 결과데이터에 대한 공유와 필요성이 증대되고 있다. 하지만 기존의 연구 결과와 상용 CAE시스템은 CAE시스템과 PDM시스템⁹⁾ 또는 VR 시스템간에 내부적인 인터페이스 방법과 데이터 공유 및 재사용 방법에 있어서 한계를 가지고 있다. 본 논문에서는 서로 다른 CAE시스템의 해석데이터를 가상현실 시스템으로 효과적으로 공유할 수 있는 방법을 제시하고, 이를 실현하기 위해서 CAE2VR 미들웨어(Middleware)를 개발하였다. CAE2VR 미들웨어의 핵심이 되는 CAE 커널(Kernel)은 FEA, CFD등 다양한 CAE 분야의 해석데이터를 보관하고 다른 시스템으로의 변환이 가능하다. CAE 커널을 기반으로 개발된 CAE2VR 미들웨어는 스크립트(Script)를 이용하여 CAE 데이터에 대한 변환을 수행하도록 설계하여 VR시스템 뿐만 아니라 PDM시스템과의 연동이 가능하다. 본 논문에서는 CAE시스템의 직접적인 인터페이스를 피하고, CAE2VR 미들웨어를 탑재한 PDM시스템을 통해 다수의 CAE시스템 또는 VR시스템과 인터페이스가 가능하도록 한다. CAE2VR 미들웨어를 통해 전달받은 CAE데이터는 VR시스템 상에서 가시화 할 수 있다.

2. CAE2VR 미들웨어의 아키텍처

2.1 CAE2VR 미들웨어의 구조 및 데이터 변환과정

Fig. 1에 CAE2VR 미들웨어의 구조를 나타내었다. Fig. 1(a)와 같은 다양한 종류의 CAE데이터의 인터페이스를 위하여Cectron사¹⁰⁾의CAE 전처리기인 GLview

Inova의 변환기를 사용하여 일괄 변환한다. Fig. 1(b)에 나타낸 바와 같이 먼저 CAE데이터는 GLview Inova의 고유파일인 VTF파일 포맷으로 변환하고, 이를 GLview ExpressWriter를 이용하여 CAE가시화에 필요한 CAE데이터를 추출한다. 추출된 CAE데이터는 CAE 커널에 전달하여 목적 및 용도에 맞게 재가공하여 파일쓰기 어댑터를 통하여 파일을 생성한다.

CAE2VR 미들웨어에서는 PDM시스템과 연동한 CAE데이터 변환을 위하여 PDM시스템에 등록된 CAE 해석결과파일을 입력받아 GLview를 구동 및 데이터변환을 위한 명령스크립트를 만든다. 다음으로 생성된 명령스크립트 파일을 GLview Inova에서 구동하여 VTF파일을 얻는다. VTF파일을 GLview ExpressWriter라는 API를 이용하여 CAE데이터를 추출한다. 추출된 데이터는CAE 커널의 자료구조에 따라 매핑한다. CAE 커널에 매핑된 CAE결과 데이터는 VR시스템의 고유형식으로 쓰기 위한 변환기를 통하여 VR형식으로 기록한다. 또한, CAE 커널에 매핑된 CAE결과 데이터는 VRML형식으로도 변환하여 PDM시스템에 등록한다. 본 논문에서는 Fig. 1(b)에 나타낸 바와 같이 CAE데이터를 VR환경을 지원하기 위한 자체 VR고유파일과 VRML을 생성하는 어댑터를 연설하여 결과를 얻는다. CAE2VR 미들웨어 내에서 CAE데이터 변환의 모든 과정을 관리하는 툴인 ConvertWiz를 제작하여 변환과정을 수행한다.

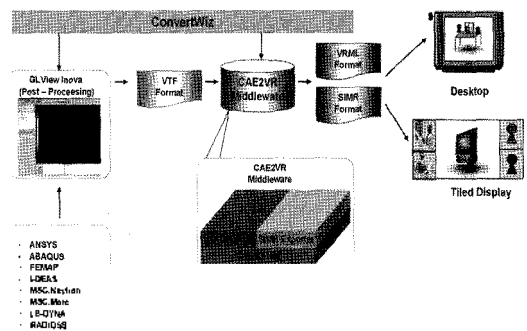


Fig. 1. Architecture of the CAE middleware and the data translation process.

2.2 MEMPHIS 시스템

MEMPHIS(Middleware for Exchanging Machinery and Product data Highly Immersive System)¹¹⁾는 CAD시스템과 VR시스템 간의 데이터 교환을 위해 설계된 데이터 교환시스템으로서, CAE 데이터와의 연동을 위해 본 논문에서 개발된 CAE2VR 미들웨어를 장착하였다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 MEMPHIS는

다수의 이기종 CAE 데이터의 접근을 위하여 이기종 CAE데이터가 관리가능한 엔지니어링 데이터 관리 시스템인 PDM시스템과의 인터페이스를 가능하게 한다. MEMPHIS는 다음과 같은 7개의 모듈로 구성된다. 1) 메타 데이터를 저장하고 관리하는 Meta-data server, 2) 물리적인 파일을 저장하는 File server, 3) 사용자에게 서버에서 제공하는 서비스를 제공하기 위한 MEMPHIS 클라이언트, 4) PDM시스템과 MEMPHIS 시스템을 연결하고 PDM시스템으로부터 CAE 데이터를 획득하기 위한 PDM adapter, 5) PDM시스템으로부터 획득한 CAE데이터를 VR데이터로 변환하기 위한 데이터 변환 킷포넌트인 CAE2VR converter, 6) 시스템 내부에서 처리되는 데이터의 보안을 위한 Security Component, 7) VR 시스템으로의 연결과 MEMPHIS 내에서 관리되는 VR데이터 교환을 위한 VR 연결 킷포넌트인 VR adapter.

MEMPHIS의 전체 워크플로우는 다음과 같다. 먼저, PDM 시스템에서 CAE데이터를 Fig. 2①과 같이 획득한다. 보안 설정을 통하여 데이터를 DB에 링크를 연결하고 파일서버에 Fig. 2②에 저장한다. 파일서버에 저장된 CAE데이터를 CAE2VR 시스템을 이용하여 Fig. 2③과 같이 VR데이터로 변환한다. MEMPHIS 서버와 MEMPHIS 클라이언트와 서로 통신하여 VR 데이터를 클라이언트 컴퓨터로 Fig. 2④와 같이 전송한다. 전송된 VR데이터를 VR시스템상에서 Fig. 2⑤와 같이 가시화한다.

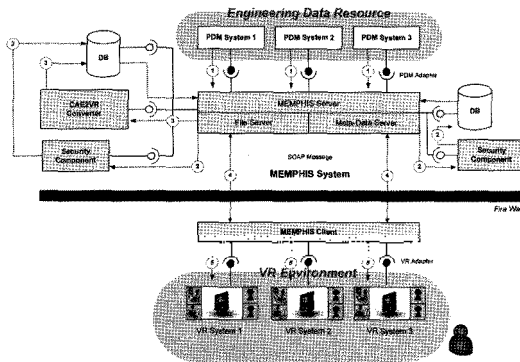


Fig. 2. Overall workflow of the MEMPHIS system.

3. CAE 커널의 설계

3.1 CAE데이터 변환을 위한 기하엔터티 설계

CAE커널에는 CAE데이터에 대한 기하엔터티를 정의하고 이를 수용할 수 있는 데이터구조가 필요하다. CAE데이터는 다양한 기하형상(Geometric element)으

로 구성된다. 그러나, VRML형식이나 가상현실 데이터는 가시화를 위하여 CAE데이터를 삼각화하는 Tessellation 과정이 필요하다.

CAE데이터는 6가지 기하형상이 주로 사용된다. 삼각형 형태의 기하형상은 삼각매쉬와 같은 구조이므로 그대로 변환한다. Quad는 삼각형 두개로 분할하여 변환한다. Tetrahedron은 Quad와 동일하게 4점으로 구성되어있다. 따라서, 두 가지 기하형상을 구분할 수 있는 방법이 필요하다. Tetrahedron는 Quad를 구분할 수 있는 타입이 지정되어 있으면 이를 이용하여 구분하고, 타입을 입력 받지 못한 경우 Tetrahedron는 Quad를 구분을 위하여 4점이 한 평면상에 이루어져있는 점인지를 계산하여, 4점이 한 평면상에 존재하면 Quad로 판단하고, 그렇지 않으면 Tetrahedron으로 판단한다. Tetrahedron은 4개의 삼각형으로 분할하여 변환한다. Hexahedron은 8점으로 이루어지며 14개의 삼각형으로 분할하여 변환한다. Pyramid는 5점으로 이루어지고 6개의 삼각형으로 분할하여 변환한다. Pentahedron는 6개의 점으로 이루어져 있고, 8개의 삼각형으로 분할하여 변환한다.

이와 같은 방법으로 기하형상을 삼각화한 후에 CAE데이터를 변환한다. 이 때, CAE데이터는 기하형상 뿐만 아니라 하나의 기하형상에 대응되는 해석결과를 함께 가지고 있다. 따라서, 하나의 기하형상으로부터 나누어진 다수의 삼각형에 대하여는 동일한 해석 결과를 연결시켜 삼각화 하기전의 결과값과 기하형상과의 관계를 동일하게 유지한다.

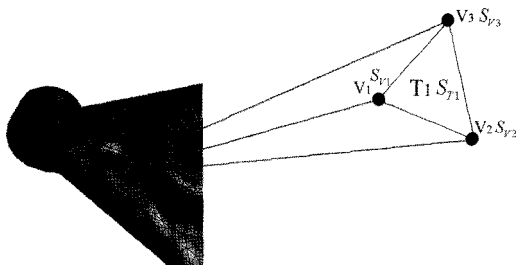
3.2 CAE 해석결과와 기하형상의 연결

본 절에서는 CAE 해석결과에 대한 데이터를 3.1절에서 소개된 기하형상과 연결하는 방법에 대하여 기술한다. CAE솔버에서 산출된 결과는 응력해석, 유동해석, 충돌해석 등의 해석결과로 이루어지며, 해석결과는 각 기하형상과 그 결과값을 매핑하여 표현된다.

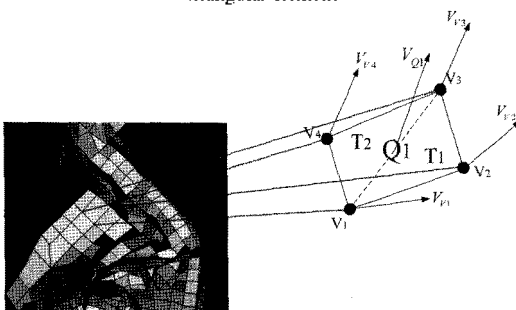
해석결과와 값은 스칼라 값과 벡터 값으로 구성된다. 스칼라 값은 삼각매쉬의 기하형상에서 각 버텍스(Vertex) 마다 스칼라 값을 부여하는 방법과 기하형상을 하나의 단위 요소로 하여 스칼라 값을 부여하는 방법이 있다. Fig. 3(a)는 자동차 휠에 대한 응력해석 결과를 색상으로 표시한 것으로서, 삼각형 엘리먼트 T_1 를 구성하는 버텍스 값들($V_1 \sim V_3$)에 대해 스칼라량인 응력 값($S_{11} \sim S_{13}$)을 부여한 결과를 나타내었다. 또한, 삼각매쉬를 기하형상을 단위요소로 하여 삼각매쉬 한 개에 스칼라 량인 응력 값(S_{T1}) 한 개를 부여한다.

벡터 해석결과 값은 CAE 해석과정에서 많이 사용

되는 기하형상인 사각메시의 Quad의 경우를 예를 들어 설명한다. Fig. 3(b)는 사각메시로 구성된 자동차 충돌해석 결과이다. 벡터 해석결과 값을 기하형상에 부여하는 방법은 자동차 충돌에 따른 사각메시의 변위(displacement)를 각 비텍스($V_1 \sim V_4$)에 벡터 값($V_{11} \sim V_{14}$)으로 부여하는 방법과 기하형상단위인 사각메시(Q_1) 엘리먼트에 대해 벡터 값(V_{Q1})을 부여하는 방법이 있다. 사각메시의 Quad를 두개의 삼각 메시로 표현하는 경우에는, 각각의 삼각메시 T_1, T_2 에 사각메시의 벡터 값(V_{Q1})을 부여한다.



(a) Mapping of the analysis results in scalar quantity to a triangular element



(b) Mapping of analysis results in vector quantity to a quad element

Fig. 3. Connection of CAE analysis results and geometric elements.

Table 1. Classification of CAE result values

Type	Result data
Vector	accelerations, displacements, magnetic potential velocities, reaction forces, external forces, temperature gradient, heat flux
Scalar	current, creep strain, density, kinetic energy, magnetic potential, plastic strain, pressure, strain energy, stress tensor components, strain tensor components, temperatures, turbulent kinetic energy, turbulent dissipation, viscosity, voltage, volume

Table 1에 주요 CAE시스템에서 산출되는 다양한 해석결과 값을 벡터 값과 스칼라 값으로 나누어 분류하여 나타내었다.

3.3 CAE 커널의 데이터구조

다양한 CAE 데이터 변환을 위하여 CAE 데이터를 담는 구조가 필요하다. 본 연구의 CAE 데이터 커널은 3.1절에서 기술한 기하형상과 3.2절의 CAE결과를 수용하기 위하여 Song과 Chung^[13]의 3차원CAD 커널의 개념을 CAE에 적용 및 확장하여 설계하였다.

CAE커널의 구조는 다음과 같다. Fig. 4(a)의 Group 엔티타는 CAE데이터의 계층구조를 표현하기 위한 최상위 엔티타로 CAE 결과 파일 단위의 구조를 표현한다. 하나의 CAE결과파일을 읽어 들인 경우 하나의 Group으로 구성한다. 각 Group이 만들어 질 때마다 Group의 연결리스트로 등록하고 이 사이를 포인터로 연결하여 데이터구조를 구성한다. 이 구조를 이용하면 Group생성된 후에도 임의의 단계에 다른 Group 또는 엔티타의 추가가 가능하다. 본 논문에서는 CAE Data의 구성정보를 고려하여 자기참조 구조체 포인터를 이용한 2진 트리구조로 연결하였다. 자기참조 구조체 포인터를 이용한 트리구조는 자료의 수정, 삽입 및 삭제가 간단하고 빠르며, 데이터를 효율적으로 빠른 시간내에 탐색할 수 있고 동적 메모리 할당을 수행하여 방대한 설계에 대한 확장성이 용이하다. 2진 트리 구조 구조체에서 next()는 기하학적 위상관계에 따른 다양한 자료를 연결하기 위한 포인터이다. 모든 엔티타의 추가되는 정보는 next()에 저장함으로써 간단한 구조로 검색과 확장성이 용이하도록 하였다. Parts는 CAD엔티타의 솔리드를 표현하기 위한 엔티타이다. Parts는 기하형상을 표현하기 위하여 다수의 Elements와 이를 구성하는 좌표값인 Node coords로 이루어진다. Elements 각각의 인덱스 값으로 Nodes좌표를 찾아 형상을 구성한다.

Fig. 4(b)의 Transformations엔티타는 각 요소의 이동량을 표현하기 위한 매트릭스로 4x3 매트릭스로 구성하였다. Fig. 4(b)의 Viewpoints엔티타는 CAE데이터 가시화시에 관찰자 시점을 지정하여 타인에게 동일한 시점으로 관찰 할 수 있도록 한다. Fig. 4(b)의 2Dplotseries는 2D 플롯팅 해석결과데이터를 저장하기 위하여 설계된 엔티타이다. Fig. 4(b)의 crosssections는 단면 해석 데이터를 저장하기 위하여 설계된 엔티타이다.

Fig. 4(c)의 Results는 1차원 스칼라, 3차원 벡터로 표현되는 해석결과를 각 노드나 엘리먼트 또는 인덱스 페이스(indexed face)에 참조된 노드 좌표계에 부여하는 엔티타이다. 여기서, Results의 Time Step이 1이런 정적인 해석결과이고 1개 이상이 존재하면 동적인 해석결과를 의미한다. 이와 같은 커널의 데이터구조를 이

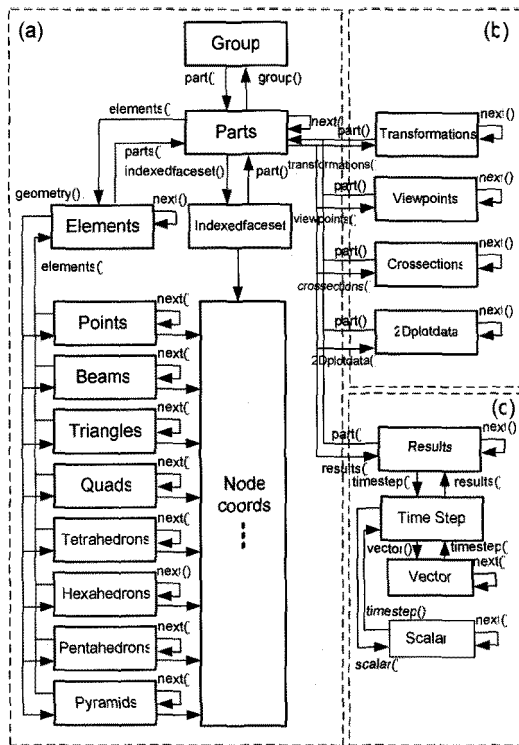


Fig. 4. Hierarchical class structure of the generic CAE kernel.

용하여 다양한 CAE데이터를 보관하고, 보관된 데이터를 타 시스템으로 데이터 변환을 수행 할 수 있다.

상기 CAE 커널 구조를 설명하기 위하여 Fig. 3(b)의 자동차 충돌해석데이터를 본 커널의 구조로 Fig. 5와 같이 나타낸다. 자동차 충돌해석데이터는 하나의 파일의 데이터이므로 하나의 Group으로 표현되며, 6개의 Part로 구성된다. Part를 구성하고 있는 Elements는 사각형 메시인 Quad로 구성되어 있으며, Quad를 구성하는 좌표값은 Node coords에서 참조하여 기하형상을 표현한다. Fig. 3(b)의 자동차 충돌해석결과는 Timestep이 13단계로 구성되어 있고, 각 단계별 충돌량에 따른 변위 값과 이에 따른 응력값을 가지고 있다. 해석결과의 단계는 Results 하위에 Timestep을 13단계 두어 각 시간 단계별 해석결과를 표현한다. 각 단계별 해석결과값인 변위 값은 벡터량으로 표현하고 응력 값은 스칼라량으로 표현한다.

CAE 커널 기반의 CAE2VR 미들웨어에서 지원하는 고유파일은 VR시스템으로 CAE데이터를 효율적으로 전달하기 위하여 설계한 파일형식으로, 파일크기 절약을 위하여 이진형식(Binary format)으로 변환한다^[3]. Fig. 6는 고유파일의 구조를 나타낸 것으로서, 각 엔터

Table 2. Details of the entities in the proprietary file format

Entity	Descriptions
GridSet	"GridSet"는 해석데이터의 최상위 구조로서, 하나이상의 "Part" 그리고 "MaterialList"로 구성되며, 파일에 대한 버전 정보도 여기에 기록된다.
Part	"Part"는 1개 이상의 "Nodes", 1개 이상의 "Elements" 그리고 "Node property"와 "Element property"로 구성된다.
MaterialList	"MaterialList"는 Material을 관리하기 위한 덩어리이다.
Material	"Material"은 id, 속성 번호, 종류, 단위, 속성 이름으로 구성된다.
Nodes	"Nodes"는 크기, 마운드 박스 크기 그리고 노드 좌표값을 구성하는 벡터 좌표값으로 구성된다.
Elements	"Elements"는 셀(cell) 전체 인덱스의 개수, 셀의 개수, 셀 인덱스 값, 각각 셀의 종류로 구성된다.
Dynamic	시간변화에 따라 달라지는 데이터 값을 기술하며, 시간 단계별로 하위 덩어리 "DataSet"을 가진다.
Static	시간변화에 따라 일정한 데이터 값을 기술하며 하나의 하위 덩어리 "DataSet"을 가진다.
DataSet	"DataSet"은 해석결과의 종류에 따라 4종류(Scalar node property, Vector node property, Scalar element property, Vector element property) 중에 하나의 속성으로 구성된다.
Scalar node property	각 node의 좌표값과 1차원 스칼라 값인 해석결과값과 매핑 되도록 해석결과를 저장한다.
Vector node property	Vector node property는 좌표값과 3차원 벡터 해석결과값이 매핑 되도록 해석결과를 저장한다.
Scalar element property	Scalar element property는 기하형상과 1차원 스칼라 해석결과값이 셀에 매핑 되도록 해석결과를 저장한다. 여기서, 셀은 기하형상의 단위인 엘리먼트이다.
Vector element property	Vector element property는 기하형상과 3차원 벡터 해석결과값이 매핑 되도록 해석결과를 저장한다.

티의 역할과 내용은 Table 2에 기술하였다.

CAE2VR 미들웨어의 고유파일은 Chunk라고 정의된 데이터 묶음의 단위로 데이터를 저장한다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 CAE데이터를 각각 엔터티의 속성별로 Chunk로 나누어 저장한다. Chunk 단위의 데이터 저장방법은 후후 다른 엔터티가 추가 되더라도 Chunk 타입을 추가하고 새로운 Chunk로 기술하면, 기존 고유파일과 새로운 엔터티가 추가된 고유파일의 저장 및 읽기를 수행하는데 효과적이다.

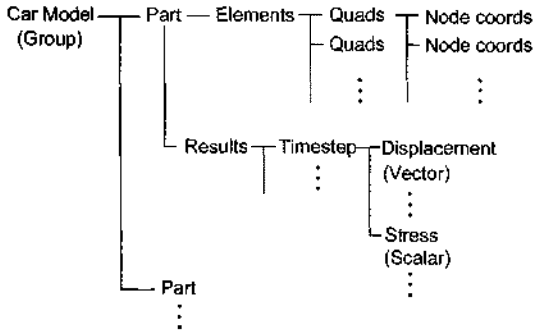


Fig. 5. Structure of the car crash analysis result.

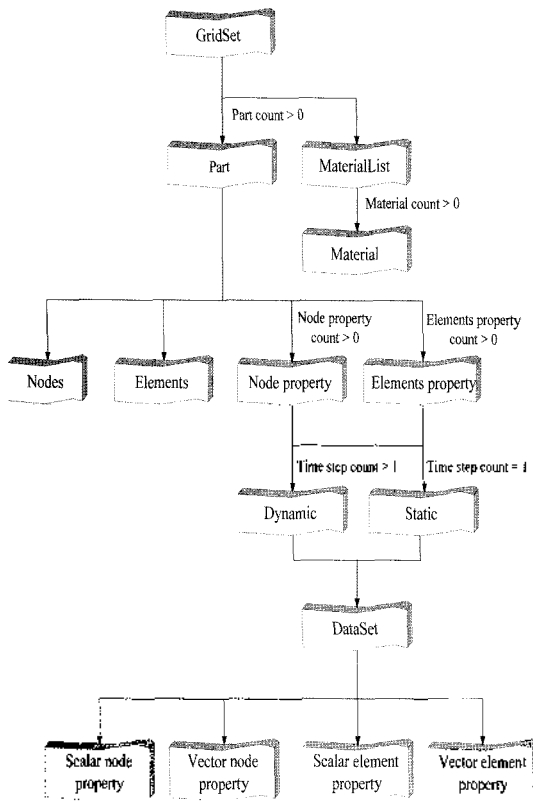
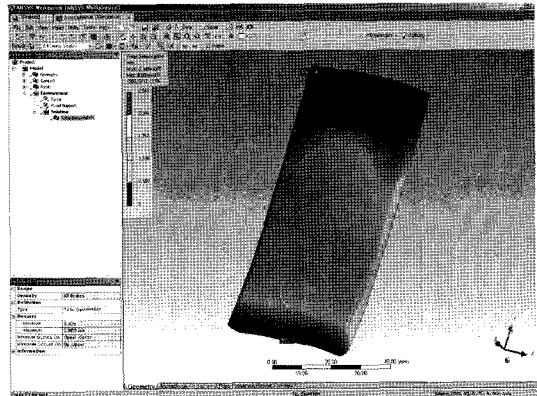


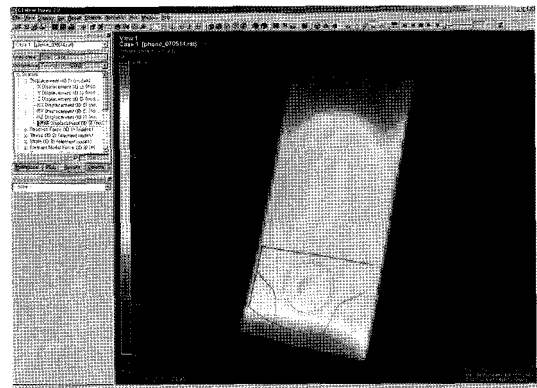
Fig. 6. Structure of the proprietary file format for VR data.

4. 사례연구

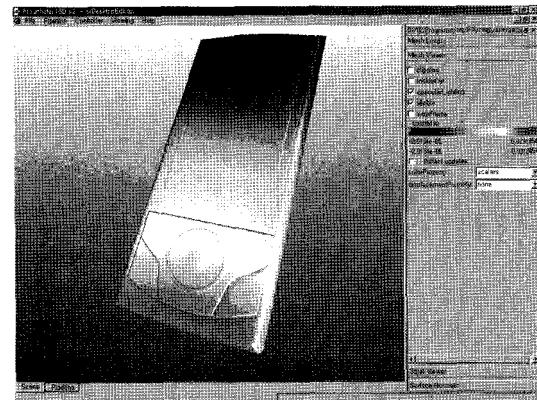
본 장에서는 제안된 시스템의 효율성을 검증하기 위하여 3 종류의 CAE 해석데이터를 CAE미들웨어시스템을 이용하여 변환한 후 가시화하였다. 첫번째 사례연구에 사용된 핸드폰 형상은 CATIA V5를 이용하여 설계되었으며, 이 설계 데이터를 구조해석 CAE 소프트웨어인 ANSYS를 이용하여 Fig. 7(a)와 같이 응력해석을 수행하였다. 해석된 ANSYS의 구조해석 결



(a) mobile phone at the ANSYS Workbench



(b) stress analysis result after post-processing

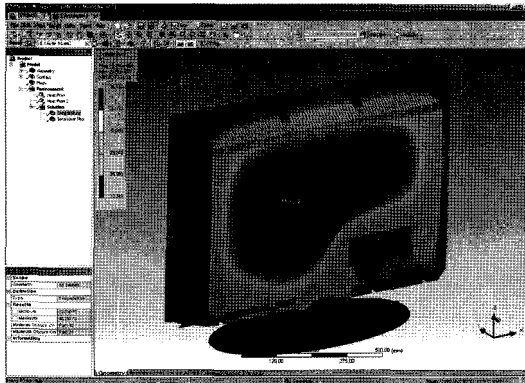


(c) stress analysis result viewed in our VR viewer

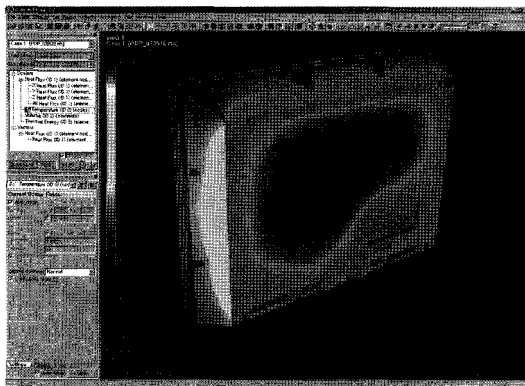
Fig. 7. Case study 1: stress analysis of a mobile phone.

과파일을 후처리 프로그램으로 Fig. 7(b)과 같이 가시화하며 VTF파일로 변환한다. VTF파일을 본 연구에서 개발된 ConvertWiz프로그램을 이용하여 VR시스템의 고유파일로 변환한다. 변환된 고유파일은 VR프로그램 상에서 Fig. 7(c)와 같이 가시화 한다.

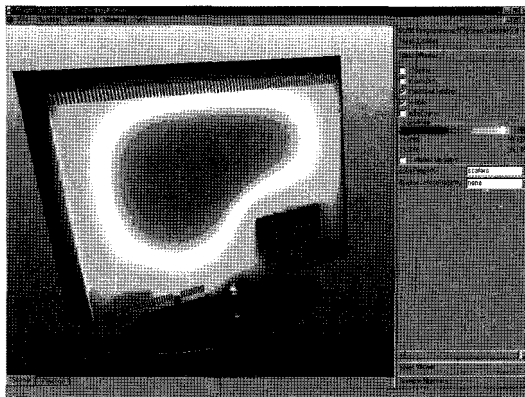
두번째 사례연구에 사용된 PDP 모델은 CATIA V5



(a) heat flow analysis at the ANSYS workbench



(b) heat flow analysis result after post-processing



(c) heat flow analysis result viewed in our VR viewer

Fig. 8. Case study 2: heat flow analysis of a PDP.

를 이용하여 설계한 것으로서, 이 설계된 PDP데이터를 ANSYS Workbench를 이용하여 PDP의 작동 시 발생하는 열유동을 Fig. 8(a)와 같이 해석한다. 해석결과는 ANSYS Workbench를 이용하여 열이 많이 발생하는 PDP 패널 부에 100도의 열이 발생하도록 열원을 설정하여 해석하였다. 해석한 결과는 ANSYS Workbench의 유동해석 결과 파일로 저장하여 후처리

프로그램으로 Fig. 8(b)와 같이 가시화하며 VTF파일로 변환한다. VTF파일을 ConvertWiz프로그램을 이용하여 VR고유파일로 변환한다. 변환된 VR고유파일은 VR 시스템 상에서 Fig. 8(c)과 같이 가시화한다.

5. 결 론

본 논문에서는 다양한 CAE데이터를 타 시스템과의 데이터 교환 문제를 해결하기 위하여 CAE커널을 제안하고 이를 CAE 미들웨어에 적용하여 다음과 같은 결과를 얻었다. CAE데이터를 보관 및 변환하기 위하여 CAD시스템에서 사용되는 커널 개념을 CAE분야에 적용하여 다양한 기하형상을 담을 수 있는 구조인 CAE커널을 개발하고, 이 커널을 미들웨어시스템에 적용하였다. 또한 CAE커널을 이용하여 다양한 CAE데이터에 포함된 기하형상을 삼각화하고 기하형상에 매핑 되어있는 해석결과 또한 삼각화데이터와 연결하여 다른 형식으로 변환할 수 있는 방안을 제시하였다. 마지막으로 CAE데이터의 변환을 위하여 미들웨어시스템에 VR시스템의 고유파일과 국제표준인 VRML 형식으로 변환할 수 있는 변환기 모듈을 개발하여 인터페이스 하였다.

CAE2VR 미들웨어 시스템의 효율성을 검증하기 위해서 핸드폰, PDP의 형상을 이용하여 CAE시스템에서 해석한 결과 데이터를 후처리 프로그램으로 후처리한 뒤 이를 VR시스템의 고유파일로 변환하여 가시화하였다. 본 논문에서 개발된 미들웨어 시스템을 다양한 데이터관리시스템과 연계하여 다양한 상용 CAE 시스템과 연계한 변환 모듈로 활용할 수 있다.

향후 연구로서 본 CAE 미들웨어 시스템을 CFD해석데이터에 영역을 확장하여 적용하고, 이 데이터를 VR시스템으로 변환하는 연구와 VRML형식으로 변환 및 표현 방법에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2005-S-604-02, 실감형 Virtual Engineering 기술].

참고문헌

1. DaraTech Inc., CAD/CAM, CAE Market Trends & Statistics, <http://www.daratech.com/research/plm/mts/definitions.html>

2. Frish, N., Rose, D., Sommer, O. and Ertl, T., "Visualization and Pre-processing of Independent Finite-element Meshes for Car Crash Simulations", *The Visual Computer*, Vol. 18, pp. 236-249, 2002.
3. Reimersdahl, T., Bley, F., Kuhlén, T., and Bischof, C.H., "Haptic Rendering Techniques for the Interactive Exploration of CFD Datasets in Virtual Environments", *Eurographics Workshop on Virtual Environments*, pp. 241-246, 2003.
4. Laramée, R.S. and Hauser, H., "Geometric Flow Visualization Techniques for CFD Simulation Data", *Proceedings of the 21st Spring Conference on Computer Graphics SCCG '05*, pp. 221-224, 2005.
5. Immersive sim engineering, <http://www.immersive-sim.de>
6. ISO 10303-214, Industrial Automation Systems and Integration-Product Data Representation and Exchange-Part 214: Application Protocol: Core Data for Automotive Mechanical Design Processes, 1998
7. ISO 10303-209, Industrial Automation Systems and Integration Product Data Representation and Exchange Part 209: Application Protocol: Composite and Metallic Structural Analysis and Related Design, 2001
8. 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
9. Yang, J.S., Han, S.H. and Mun, D.H., "Sharing Product Data among Heterogeneous PDM Systems Using OpenPDM", *Transactions of the Society of Korea CAD/CAM Engineers*, Vol. 13, No. 2, pp.89-97, 2008
10. Ccetron company, <http://www.cceetron.com>
11. Kim, S.R. and Weissmann, D., "Middleware-based Integration of Multiple CAD and PDM Systems into Virtual Reality Environment", *Computer-Aided Design and Application*, Vol.3, pp.547-556, 2006
12. Song, I.H. and Chung, S.C., "Geometric Kernel Design of the Web-Viewer for the PDM Based Assembly DMU", *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 31, pp. 260-268, 2007
13. Song, I.H. and Chung, S.C., "Design of Lightweight CAD Files with Dimensional Verification Capability for Web-based Collaboration", *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 30, pp. 260-268, 2006



송 인 호

2007년 한양대학교원 기계공학과 박사
 2002년~2007년 CIES 기술연구소
 (아눔스) CAX팀 팀장
 2007년~2008년 아주대학교 기계공학과
 BK21 연구교수
 2008년~현재 Carnegie Mellon University,
 Mechanical Engineering Postdoctoral
 Associate

관심분야: Collaborative Design, Sketch-based CAD, Geometry Translation, Geometry Compression, Product Data Exchange, PDM/PLM, Digital Manufacturing, Virtual Reality



양 정 삼

2004년 KAIST 기계공학과 박사
 1997년~2000년 고등기술연구원 주임연구
 구원
 2002년 Clausthal University of Technology
 (Germany) Visiting scholar
 2001년~2005년 휘부품디미 연구개발팀장
 2005년~2006년 University of Wisconsin-
 Madison Postdoctoral associate
 2006년~현재 아주대학교 산업정보시스
 템공학과 조교수

관심분야: Product data quality (PDQ), Product data exchange (PDF), Product data management (PDM), Geometric modeling, Virtual manufacturing



조 현 제

1994년 한양대학교 정밀기계공학과 학사
 1998년 한양대학교 기계설계학과 석사
 2000년~2006년 테크노리다이브 개발기획
 팀장
 2006년~현재 (재)그래픽스연구원 선임
 연구원

관심분야: Virtual Reality, Virtual Design Review, Virtual Manufacturing, Computer Graphics, Product Data Exchange (PDF), Product Data Management (PDM)



최 상 수

2001년 울산대학교 조선해양공학과 학사
 2004년 울산대학교 조선공학 석사
 현재 성균관대학교 산업공학 박사과정
 (재)그래픽스 연구원 VR/CAD팀 선임
 연구원

관심분야: CAD/PLM, Product Data Exchange, Virtual Reality, Virtual Design Review, Digital Virtual Manufacturing