

GIVI: 몰입형 가상현실 환경에서 가시화된 데이터를 제어하는 통합 인터페이스

허영주, 이중연, 김민아
한국과학기술정보연구원(KISTI)
e-mail: popea@kisti.re.kr, jylee@kisti.re.kr, petimina@kisti.re.kr

GIVI: The Integrated Interface for Controlling Rotor Dynamics Data Visualized On Immersive Virtual Reality Environments

YoungJu Hur, MinAh Kim, JoongYoun Lee
Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI)

요 약

HPC에서 시뮬레이션을 수행한 결과로 생성된 데이터는 크기가 방대하고 구조가 복잡해지는 양상을 보이고 있다. 데이터 크기로만 보더라도 기가바이트를 넘어 테라바이트에 이를 정도로 대용량화되는 경향을 보이고 있으며, 이렇게 복잡도가 높은 대형 데이터는 이미 컴퓨터 한 대에서 처리하고 분석할 수 있는 범주는 넘어서고 있다.

본 논문에서는 이런 복잡한 과학 시뮬레이션 데이터 중, 특히 로터 동역학 분야의 데이터를 가시화하고 제어하는데 필요한 통합 가상현실 인터페이스를 소개하기로 한다. 현재 개발중인 GLOVE 프레임워크는 대용량 데이터를 연구자가 필요로 하는 형태로 다양하게 가공해서 가시화해서 분석할 수 있게 하는 프레임워크이며, GIVI는 그 중 사용자와의 인터페이스 부분을 담당하는 프레임워크다. GIVI는 가상현실 환경에서 시뮬레이션 데이터를 실시간으로 상호작용을 통해 분석하는데 필요한 기반환경을 제공하며, 향후에는 실시간 시뮬레이션을 위한 인터페이스로도 확장될 것이다.

1. 서론

현재 고성능 컴퓨터(HPC, High Performance Computer)는 다양한 응용 분야에서 활용되고 있으며, 컴퓨터의 성능의 향상과 기술의 발전만큼 보다 정밀하고 규모가 큰 시뮬레이션 실험도 가능하다. 그러나, 이렇게 정밀한 대형 시뮬레이션 결과로 생성되는 데이터는 그 크기도 방대할뿐더러, 구조도 매우 복잡하기 때문에 이런 데이터를 분석하고 해석하는 데 있어서도 고성능 컴퓨터의 계산 능력을 필요로 한다.

과학 데이터를 해석하는 방법은 매우 다양하지만, 그 중 가장 실용적이면서도 사용자 이해도가 높은 방식이 바로 과학 데이터 가시화(Scientific Visualization) 과정이다. 데이터의 크기 및 복잡도의 증가로 인해 과학 데이터 가시화 과정도 고성능 컴퓨터를 이용하는 경우가 점점 늘어나고 있으며, 이런 추세 때문에 후처리된 가시화 데이터도 용량과 복잡도가 커지는 결과가 초래되고 있다.

이런 복잡한 데이터를 기존의 해상도가 낮은 모니터에서 2차원적으로 해석하고 이해하는 것은 매우 어려운 일이다. 이런 이유로 최근에는 데이터의 용량과 복잡도에 상응하는 수준의 가시화 기술의 개발이 촉진되고 있으며, 데이터 분석에 고해상도 디스플레이 장치를 활용하는 경우가 늘어나고 있다.

이렇듯 활용도가 급증하고 있는 고성능 컴퓨터와 고해상도 디스플레이 장치는 대부분 클러스터 구조로 설계돼 있으며, 따라서 기기 제어에 다소 전문적인 지식이 요구되고 있다. 이런 이유로 응용 과학자가 자신의 데이터를 스스로 가시화할 수 있는 경우는 극히 소수로 제한될 수밖에 없다. 일반적으로 이런 환경에서 사용할 수 있는 사용자 친화적인 인터페이스가 전무하다시피 하기 때문이다.

GLOVE(GLObal Virtual Environment for research)는 이런 점에 착안, 고성능 컴퓨터나 고해상도 디스플레이 장치에 대한 전문지식이 부족한 사용자라도 쉽게 자신의 데이터를 가시화하고 분석할 수 있게 해주는 프레임워크이며, 현재는 특히 로터 동역학 분야의 사용자를 타겟으로 구현돼 있다. 고해상도 디스플레이 장치에서는 평면 모니터에서 수행하던 형태의 인터페이스보다 한 단계 더 발전된 형태의 인터페이스가 요구될 뿐만 아니라, 데이터를 보다 다각적으로 분석할 수 있게 해주는 기능이 필수적이다. 이런 사용자 요구에 부합하는 해결 방법으로는 주로 가상현실 기술이 적용되고 있는데([1],[2]), 가상현실 환경은 사실상 고해상도 디스플레이 장치에서 사용자가 직접 데이터를 제어하는 인터페이스를 제공할 수 있는 유일한 해결책이기도 하다.

본 논문에서는 몰입형 가상현실 환경에서 시뮬레이션

데이터를 가시화하고 제어하는 프레임워크인 GLOVE와 그 통합 인터페이스인 GIVI(GLOVE Integrated Visualization Interface)의 다양한 분석 기능에 대해 소개할 것이다.

2. 관련 연구

응용 분야의 시뮬레이션 데이터를 가시화하는 방법은 매우 다양하며, 다양한 응용 프로그램이 개발돼 있다.

ParaView[3]는 VTK(Visualization Toolkit, [4])을 이용하여 제작한 과학 데이터 가시화 애플리케이션으로, 적절한 성능에 범용성을 갖추고 있으며, 병렬 처리도 지원한다. 그러나 데이터에 대한 정량적인 분석은 불가능하며, 가상현실 환경도 지원하지 않으므로 3차원으로 데이터를 가시화하거나 고해상도 디스플레이 장치 앞에서 직접 데이터를 제어하는 것은 불가능하다. COVISE[5]는 현존하는 가장 우수한 가시화 애플리케이션으로 꼽을 수 있으며 병렬처리, 가상현실 환경뿐만 아니라 협업환경까지 지원한다. 단, 이 애플리케이션은 다양한 응용 분야를 수용할 목적으로 설계됐기 때문에 특정 응용 분야의 연구자들이 직관적으로 사용하기에는 어려움이 따른다는 단점이 있다.

VRJuggler[6, 7]는 가시화된 결과를 여러 다양한 형태의 디스플레이 장치로 출력할 수 있게 해주는 미들웨어로서의 역할을 수행하며, 가상현실 환경을 지원한다. 가상현실 환경을 지원하며 널리 사용되는 미들웨어로는 CaveLib[8]도 들 수 있는데, CaveLib은 VRJuggler에 비해 사용에 제약이 따르지만 아니라 상용 소프트웨어로 전환됐음에도 불구하고 급변하는 하드웨어 시스템에 유연하게 대처하지 못하고 있다. 이런 이유로 VRJuggler에 대한 사용도가 높으며, CFD 분야를 지원하는 ViSTA FlowLib[9]이나 지구과학 분야를 지원하는 ADVISER[10]이 모두 이런 류의 미들웨어를 이용, 가상현실 환경에서 복잡한 과학 데이터를 가시화하는 기능을 제공하는 사례들이다.

GLOVE는 VRJuggler를 가상현실 환경을 지원하는 미들웨어로 선택함으로써 다양한 형태의 기기를 지원하도록 했으며, 데이터를 VTK 형태의 데이터로 변환, 가공함으로써 VTK의 다양한 가시화 알고리즘을 사용할 수 있게 했다. 이런 방식으로 VTK의 다양한 가시화 알고리즘으로 복잡한 대용량 데이터를 고해상도 디스플레이에서 가시화하면서 적절한 사용자 인터페이스를 제공함으로써 사용자가 가상현실 인터페이스 장치를 통해 직접 데이터를 제어할 수 있게 했다.

3. GLOVE

GLOVE(GLObal Virtual Environment for research)는 크게 GLORE(GLOVE Rendering Engine)와 GIVI(GLOVE Integrated Visualization Interface)의 두 부분으로 구성되며, GLORE와 GIVI 사이의 연동은 GIP(GLOVE Interface Protocol)이 담당한다.

GLORE는 GIVI의 요청을 받아서 대용량 데이터를 GIVI가 렌더링할 수 있는 형태로 가공, 전송한다. GIVI는 사용자 인터페이스를 총괄하는 부분으로 가상현실 입/출력장치를 총괄하며, 사용자로부터 입력을 받고 GIP을 통해 GLORE에 사용자 요구사항을 전달함으로써 GLORE가 사용자가 원하는 형태로 데이터를 가공하게 하고, 가공된 데이터를 전송받아서 렌더링한 뒤, 다양한 형태의 디스플레이 장치에 출력하는 역할을 담당한다.

사실상 GIVI와 GLORE는 물리적으로 분리하는 것이 가능하다. 즉, 사용자가 GIVI를 통해 원격지의 고성능 컴퓨터에서 실행중인 GLORE로부터 원하는 데이터를 가공, 추출하는 것이 가능하다는 것이다. 이 때, GIVI는 다양한 형태의 디바이스를 지원하기 때문에 사용자가 보유하고 있는 기기와는 독립적인 형태로, 다양한 범위의 사용자를 지원할 수 있다.

4. GLOVE 통합 인터페이스

GLOVE의 통합 사용자 인터페이스를 GIVI(GLOVE Integrated Visualization Interface)라고 하며, 주 기능으로는 사용자의 요청을 받아들여서 GLORE에 데이터를 요청하고, GLORE가 추출한 데이터를 전송받아서 렌더링한 뒤 출력하는 기능을 들 수 있다.

또, GIVI는 개발자가 응용 분야에 적합한 인터페이스를 개발하는데 필요한 기반 환경을 제공한다. 현재 GLOVE 시스템은 로터 동역학 분야를 주 응용 분야로 설정하고 개발이 진행중이다. 그러나 GIVI의 인터페이스는 해당 응용 분야에 따라 자유롭게 구성해서 사용할 수 있으며, 이에 따라 다양한 분야에서 각 분야에 특화된 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다.

GIVI는 과학 데이터 가시화에 필요한 다양한 툴과 위젯(widget)을 제공함으로써 사용자에게 대한 GUI를 구현할 수 있도록 하고 있다. 이를 위해 과학 데이터 가시화에 일반적으로 많이 사용되는 커팅 플레인(cutting plane)이나 포인트 위젯(point widget) 등, 데이터 탐색(probing)에 많이 사용되는 기본적인 위젯을 3차원 형태로 제공하고 있으며, GNUPlot을 이용해서 통계 데이터에 대한 그래프를 그리고, 그 그래프를 가상 환경에서 렌더링된 데이터와 나란히 비교해서 볼 수 있게 하는 인터페이스도 제공한다.

이렇듯 GIVI는 과학 데이터의 가시화와 분석을 위한 인터페이스 개발에 목표를 두고 있으며, 따라서 과학 데이터 분석에 유용한 툴을 개발하고 통합 환경을 제공함으로써 사용자 편의성을 높이는 것을 최종 목표로 한다.

앞서 언급했듯이 GIVI는 개발상 자유도가 높은 VRJuggler를 이용해서 다양한 형태의 디바이스를 지원하며, VRJuggler 애플리케이션의 동작 매커니즘에 따라 마스터 프로세스와, 마스터와 동일하게 동작하는 슬레이브 프로세스로 구성된다. 여러 대의 클러스터 컴퓨터가 디스플레이를 담당하는 대형 가시화 시스템에서는 서로 다른 GIVI 슬레이브 프로세스가 각 디스플레이의 렌더링 프로

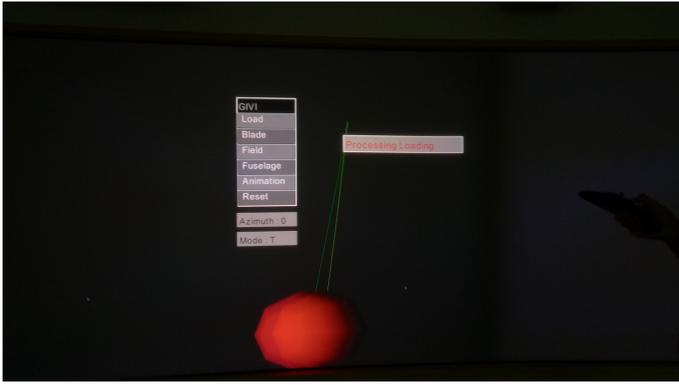


그림 1 GLOVE 실행 환경 (로딩 화면)

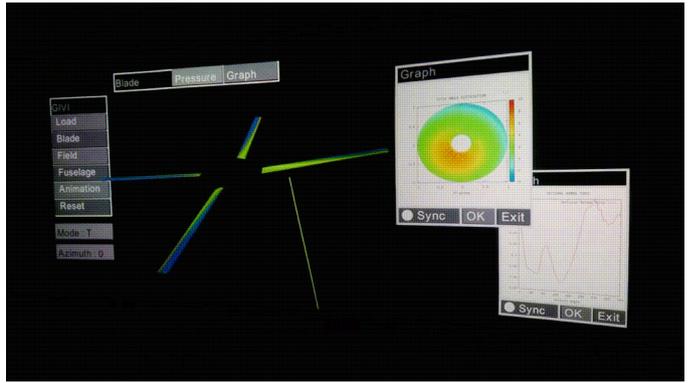


그림 5 GLOVE 실행환경 (그래프 등)

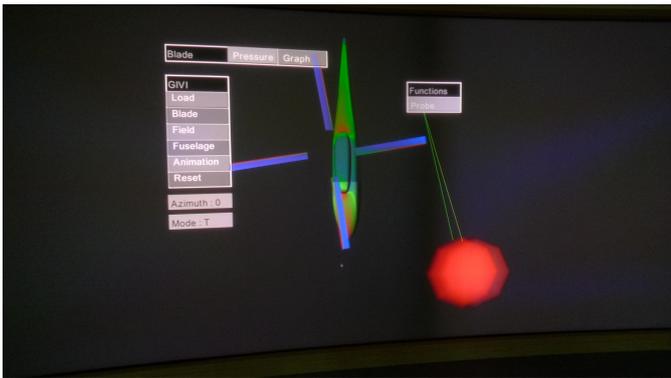


그림 2 GLOVE 실행 환경 (블레이드 데이터)

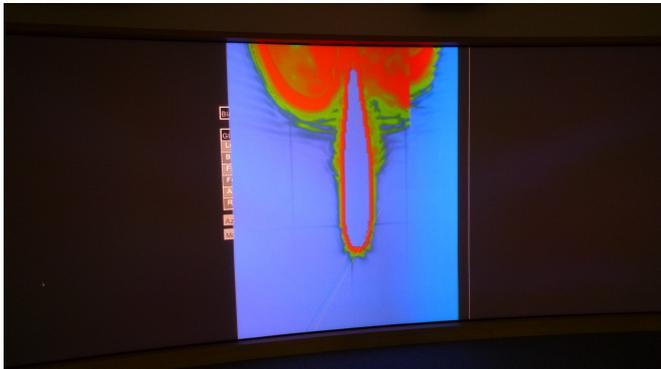


그림 3 GLOVE 실행환경 (컷팅 플레인)

세스를 담당하게 된다.

현재 GLOVE가 타겟으로 하고 있는 로터 동역학 분야의 데이터는 크게 블레이드 데이터와 필드 데이터를 나눌 수 있으며, 현재 GLOVE는 블레이드 데이터에 대해서는 Pressure Distribution, Pitch Angle Variation, Sectional Force, Sectional Moment같은 정보를, 필드 데이터에 대해서는 Vorticity IsoSurface, Q-Criteria IsoSurface, Velocity IsoSurface, Velocity Streamline같은 정보를 가시화할 수 있다.

그림 1~그림 5에서는 GLOVE 실행 환경을 볼 수 있다. 그림 1은 왼편의 메인 메뉴를 통해서 GLOVE로부터 데이터를 로딩하는 과정을 보여주고 있으며, 그림 2에서는 상단 메뉴를 통해 블레이드 데이터를 선택해서 가시화한

화면을 볼 수 있다.

그림 3은 컷팅 플레인을 통해 Vorticity IsoSurface의 단면을 가시화한 것으로, GIVI의 plane widget을 이용해서 가시화한 것이다. Plane widget은 가시화한 오브젝트의 바운딩 박스(bounding box) 내에서 자유롭게 이동하는 것이 가능하며, X, Y, Z축에 대해 수직으로, 또는 사용자가 원하는 임의의 각도로 컷팅 플레인을 생성하는 것이 가능하다. 따라서 사용자는 원하는 각도에서 다양한 형태의 컷팅 플레인을 생성, 데이터를 분석하는 것이 가능하다.

그림 4는 블레이드의 Pressure 데이터와 필드 데이터의 Q-Criteria IsoSurface를 동시에 가시화한 것으로, 필드 데이터를 가시화할 때는 각종 파라미터를 조절해서 가시화 수위를 조절하는 것이 가능하다. 또, 사용자는 각종 디바이스를 이용, 오브젝트를 이동시키거나 돌려보는 것이 가능하기 때문에 다양한 위치 및 각도에서 데이터를 해석할 수 있다.

그림 5에서는 블레이드와 함께 그래프를 출력한 인터페이스를 볼 수 있다. 데이터와 통계 데이터를 동시에 분석할 수 있게 해주는 가시화 시스템은 현재 존재하지 않으며, GLOVE는 이런 해석 툴을 제공하는 최초의 가시화 시스템이라 할 수 있다. 통계 데이터는 GNUPlot을 이용해서 가시화했으며, GLOVE에서는 이미지 형태로 가상 현실에서 그래프를 제공하고 있다.

GIVI는 이런 인터페이스 외에도 그림 3에서 볼 수 있듯이 직접 3차원 오브젝트 위에 동작해서 오브젝트의 값을 바로 해석하는 데 필요한 여러 다양한 형태의 인터페이스를 제공하며, 사용자의 데이터에 대한 인지도와 편의성을 높이기 위한 인터페이스도 제공하고 있다.

5. 결론

GLOVE의 최종 목표는 복잡한 대용량 데이터를 실시간으로 가시화하고 해석하는데 필요한 통합 환경을 제공하는 것이다. 이를 위해 GLOVE는 복잡한 클러스터 시스템을 사용자가 직접 제어할 수 있도록 가상현실 환경을 이용한 사용자 인터페이스를 제공하며, GLOVE와 유사한 시스템들이 범용으로 사용자 환경을 제공하는 것과는 달

리 응용 분야에 따라 맞춤형 사용자 환경을 제공한다. GLOVE는 여러 응용 분야를 지원하기 위해 다양한 형태의 데이터 처리가 가능한 계층적 데이터 관리 구조를 가지게 되는데, 이는 대용량 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 구조이기도 하다. 또, 복잡한 데이터를 분석하는데 필수적인 고해상도 디스플레이 장치뿐만 아니라 로우-엔드(low-end) 사용자를 위해 단순한 형태의 가시화 장비도 지원한다.

본 논문에서는 로터 동역학 분야를 위해 시스템을 설계하고 구현한 사례를 소개했다. GLOVE의 통합 인터페이스 환경인 GIVI에서는 블레이드와 필드 데이터를 해석하는데 필요한 인터페이스를 제공하고 있으며, 3차원 오브젝트 위에서 직접 동작해서 오브젝트 값을 바로 해석하는데 필요한 다양한 인터페이스도 제공한다. 또, 해석 데이터와 통계 데이터를 한 화면에서 분석하는 통합 환경도 제공한다.

향후에는 고성능 컴퓨팅 환경에서 고해상도 이미지를 생성하고 제어하는 기능에서 한발 더 나아가 슈퍼컴퓨터를 기반으로 하는 시뮬레이션 과정을 실시간으로 직접 제어하는 비주얼 슈퍼컴퓨팅(Visual Supercomputing) 환경을 위한 프레임워크를 구축해나갈 계획이다.

James W.Head III, Sarah Milkovich, Mark Duchaineau, "Adviser: Immersive Field Work for Planetary Geoscientists", IEEE Computer Graphics and Applications, July 2006.

참고문헌

- [1] S.Byron, "Virtual Reality in Scientific Visualization", Communications of the ACM, 39(5):62-71, 1996.
- [2] A.van Dam, A.S.Forsberg, D.H.Laidlaw, J.J.Laviola, R.M.Simpson, "Immersive VR for Scientific Visualization: A Progress Report", IEEE Computer Graphics and Applications, 2000.
- [3] ParaView, <http://paraview.org/New/index.html>
- [4] VTK, <http://www.vtk.org>
- [5] COVISE, <http://www.hlrs.de/organization/av/vis/covise>
- [6] A.Bierbaum, C.Just, P.Hartling, K.Meinert, A.Baker, C.Cruz-Neira, "VRJuggler: A Virtual Platform for Virtual Reality Application Development", Proceedings of IEEE Virtual Reality, 2001.
- [7] VRJuggler, <http://www.vrjuggler.org>
- [8] CaveLib, <http://www.mechdyne.com/integrated/Solutions/software/products/CAVELib/CAVELib.html>
- [9] M.Schirki, A.Germdt, T.van Reimersdahl, T.Kuhlen, P.Adorneit, O.Lang, S.Pischinger, C.Bischof, "Vista FlowLib - A Framework for Interactive Visualization and Exploration of Unsteady Flows in Virtual Environments", Eurographics Workshop on Virtual Environments, 2003.
- [10] Andrew Forsberg, Prabhat, Graff Haley, Andrew Bragdon, Joseph Levy, Caleb I.Fassett, David Shean,