



# 유동장 데이터의 입체적 가시화를 위한 3-D 가상현실 기법의 적용

하 재 황,<sup>1</sup> 김 병 수<sup>\*2</sup>

## STUDY ON 3-D VIRTUAL REALITY FOR STEREOSCOPIC VISUALIZATION OF FLOW FIELD DATA

J.H. Ha<sup>1</sup> and Byoungsoo Kim<sup>\*2</sup>

*In this paper, our effort to apply 3-D Virtual Reality system for stereoscopic visualization of flow data is briefly described. This study is an extension of our previous and on-going research efforts to develop DAVA(Data Analysis and Visualization Application) program, which is a data visualization program developed by using Qt as GUI development environment and OpenGL as graphic library. The program is developed upon the framework of object-oriented programming, and it was originally developed by using Qt 3.3.3 environment. In this research the program is converted into a Qt 4.3.3-compatible version, and this new version is developed on Visual Studio 2005. And to achieve a stereoscopic viewing capability, two graphic windows are used to render its own viewing image for the left and right eye respectively. These two windows are merged into one image using 3D monitor and the viewers can see the data visualization results with stereoscopic depth effects by using polarizing glasses. In this paper three dimensional data visualization with stereoscopic technique combined with 3D Monitor is demonstrated, and the current achievement would be a good start-up for further development of low-cost high-quality stereoscopic data visualization system.*

**Key Words :** 전산유체역학(CFD), 3-D가상현실(3 Dimensional Virtual Reality), 입체 가시화(Stereoscopic Visualization), 후처리 (Post-processing)

### 1. 서 론

유동현상을 수치적으로 해석하는 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)은 해석하고자 하는 대상의 형상에 대하여 격자를 구성하는 전처리 과정(Pre-processing), 유동의 지배방정식을 적절한 초기조건 및 경계조건과 함께 계산하여 유동현상을 해석하는 과정(Main-processing), 계산된 수치적인 결과를 이해하고 분석할 수 있게 해주는 후처리 과정(Post-processing)을 거친다.

이 3가지 과정 중 Main-processing과정에서 얻어진 데이터는 사람이 직관적으로 이해하기 어려운 숫자들로 구성되어 있다. 그러나 이 수치 데이터를 그림으로 표현하는 경우에는 이 수치의 의미를 쉽게 이해하고 분석 할 수 있다. 이런 데이

터는 2차원, 혹은 3차원으로 구성되어 있고 때로는 4차원 이상의 다차원으로 이루어져 있을 때도 있다. 이렇게 복잡한 데이터를 2차원, 또는 3차원 영상으로 나타내어 데이터의 특성 및 의미를 이해할 수 있게 해주는 것을 과학적 가시화라 한다.

예전에는 복잡한 수치 데이터를 사람이 일일이 분석해가며 이해하기 쉽도록 차트나 표로 도식화하였다. 그러나 요즘에는 향상된 컴퓨터 그래픽스 기술을 이용하여 컴퓨터에서 바로 영상화하고 있다. 초기의 컴퓨터 그래픽스는 강력한 컴퓨터와 컴퓨터 그래픽스용의 하드웨어 및 디스플레이 장치를 필요로 했다. 이런 장치들은 매우 고가이고 사용하기 어렵기 때문에, 초기의 컴퓨터 그래픽스는 CAD나 지도 제작, 혹은 분자 모델링 등의 특정 분야에만 국한되어서 사용되었다.

기술의 발전으로 컴퓨터 및 디스플레이 장치의 가격이 낮아지고, 소프트웨어 역시 발전함에 따라 결과적으로 일반 PC에서도 종전연색 그래픽을 즐길 수 있게 되었다. 과거에 슈퍼 컴퓨터로나 처리할 수 있었던 복잡한 데이터를 일반 PC를 이

1 정회원, 충남대학교 대학원 항공우주공학과

2 정회원, 충남대학교 항공우주공학과

\* Corresponding author E-mail: kbskbs@cnu.ac.kr

용하여 가시화 할 수 있을 정도로 기술이 발전하였다.

이와 같이 기반 환경이 발달하면서 과학적 가시화는 물리, 화학, 천문, 대기, 기계, 항공, 생명 등 과학 기술 분야 전반에 걸쳐서 널리 활용되어지고 있다. 과학자들은 컴퓨터를 이용, 자신들의 연구 결과를 2D 또는 3D 영상으로 표현하여 계산 결과를 보다 빠르게, 그리고 보다 포괄적으로 이해할 수 있게 되었으며, 어떤 경우에는 가시화를 통해 앞으로의 실험을 위한 가설을 세우기도 하게 되었다. 또, 가시화 결과를 다른 사람들과 공유함으로써 자신의 연구 결과를 타인이 쉽게 이해할 수 있도록 하여 다른 과학자들과의 공동 연구에 도움을 주기도 한다.

지금까지의 내용을 정리하면, 과학적 가시화란 이론상으로 믿을만한 예측을 하기에는 너무 복잡한 현상, 또는 실험실에서 수행하기에는 너무 위험하거나 비용이 많이 드는 현상 등을 컴퓨터를 이용하여 계산하는 과정에서 만들어진 방대한 양의 자료를 컴퓨터 그래픽스를 이용하여 이미지를 생성해냄으로써 과학자들이 자신의 연구 결과를 보다 포괄적으로 이해하여 문제를 빠르게 해결할 수 있게 해주는 것이라고 할 수 있다

따라서 이를 위해 본 논문에서는 DAVA stereo 후처리 프로그램을 이용한 결과에 대해 과학적 가시화의 한 분야인 입체영상 가시화(Stereoscopic Visualization)를 이용하여, 3차원, 혹은 그 이상의 차원의 공간에서 정의된 추상적이고 복잡한 수치 데이터로부터 의미 있고 가시적인 정보를 효과적으로 추출할 수 있도록 도와주는 다양한 기술에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. Stereo Visualization

### 2.1 3차원 디스플레이 방식

입체감을 일으키는 여러 요인 중, 우리들의 눈이 가로 방향으로 약 65mm 떨어져서 존재하여 나타나게 되는 양안시차(binocular disparity)는 입체감의 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 좌우의 눈은 각각 서로 다른 2차원 화상을 보게 되고, 이 두 화상이 망막을 통해 뇌로 전달되면, 뇌는 이를 정확하게 융합하여 본래 3차원 영상의 깊이감과 실체감을 재생하는 것이다. 이러한 능력을 스테레오스코피(Stereoscopy, stereoscopic 3D)라 한다.

즉, 3D입체영상은 현실 세계인 3차원 세계의 사실적(Reality)전달이 가능한 유일한 영상 매체이다. 3D 입체 영상은 입장감(Presence feeling), 실재감, 자연감, 선명성 및 대 정보량 등의 장점이 있으며, 이러한 장점을 활용해서 작중 시뮬레이터에 응용하면 모의 훈련과 교육 학습 등의 가상체험을 할 수 있다.

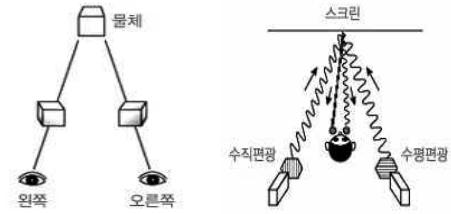


Fig. 1 The Principle of stereoscopic viewing

### 2.2 3차원 디스플레이

3차원 입체 영상을 표시하는 기술 중 양안시차를 이용하는 입체 영상 기술은 양안시차를 갖는 두 장의 2차원 화상을 좌안과 우안에 따로따로 분리 제시하여 입체시 함으로써, 디스플레이 평면의 전후에 입체감이 있는 공간을 재현할 수 있는 방법이다.

1838년에 반사경을 90도의 V자형으로 배치하고 양안시차가 있는 두 장의 그림으로 입체감을 느끼게 한 입체경(stereoscope)이 영국 왕립협회에서 발표된 이후, 프리즘, 렌즈 등을 사용한 입체경이 발표되었다. 사진의 발명 이후 카메라에 의해 두 개의 다른 각도에서 촬영한 스테레오 사진(stereoscopic pair)을 쉽게 만들 수 있게 되어 이것을 스테레오스코픽 뷰어(stereoscopic viewer)로 입체시 하는 방법이 유럽을 중심으로 널리 보급되었다.

스트레오스코픽 페어를 관찰하기 위해 특수 안경을 사용하는 타입에는 디스플레이를 보는 좌우에 적색과 청색 혹은 적색과 녹색필터를 걸어 적 청 혹은 적 녹 안경으로 촬영된 화면을 보는 애너글리프(anaglyph) 방식, 좌우 안경에 투과율이 다른 필터를 장착하여 입체감을 느끼는 농도차 방식, 편광원리를 입체 투영에 사용하는 편광필터 안경 방식을 사용할 수 있다. 이러한 것들은 19세기말 많은 오락장에 설치되어 인기를 끌었으며, 20세기말 현재 전시 박람회, 테마파크 등에서 인기를 끌고 있는 편광 안경식의 입체 영화나 입체 하이비전도 양안시차에 의한 입체 효과를 이용한다는 의미에서 19세기말의 스테레오스코프의 원리와 같다.

안경 없는 입체 텔레비전 방식의 원리로 연구가 추진되고 있는 패럴랙스 배리어(parallax barrier)나 렌티큘라 스크린(lenticular screen)의 이용도 20세기 초엽의 입체 사진으로부터 유래한 것으로 재료기술, 가공기술 진보와 더불어 실용화되고 있는 3차원 입체 영상의 디스플레이 기술이다.

패럴랙스 배리어의 원리는 좌우 양안이 각기 보아야 할 화상을 교대로 세로무늬 모양으로 인쇄 또는 사진으로 인화하여, 이것을 극히 가느다란 세로격자열(배리어)을 이용하여 보는 것이다. 이렇게 하면 좌안에 들어올 세로무늬 화상과 우안에 들어올 세로무늬 화상이 배리어에 의해 배분되어, 좌우

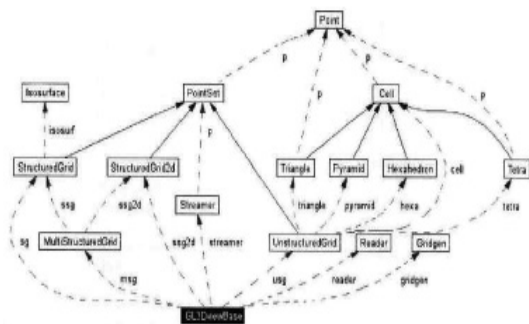


Fig. 2 The overall design structure of visualization software

안으로 조금 엇갈린 다른 화상을 봄으로 입체감을 얻을 수 있는 방법이다.

렌티큘라 스크린의 원리는 이 좌우화상의 배분을 배리어 대신 세로 실린더형 렌즈로 대치한 다음 렌즈 열에 의한 굴절 현상을 이용하여 구현한 것이다.

본 논문에서는 편광 필터 안경방식을 이용하여 3D Monitor를 통해 입체적 가시화를 얻고자 하였다.

### 3. DAVA Stereo 후처리 소프트웨어

### 3.1 프로그램 조직도

본 연구에서는 객체지향 개념을 사용하여 후처리 프로그램을 개발하였고, Fig.2는 본 프로그램을 구성하고 있는 주요 클래스와 설계 구조도를 보여주고 있다. 각 block 들은 클래스를 의미하고 실선은 상속관계를 그리고 점선은 협력관계를 나타내고 있다. 클래스 협력 도표와 관계된 클래스의 주요 기능을 살펴보면 Point class 에서는 계산결과인 종속변수를 그 수에 따라 동적으로 memory allocation 하게 되어 있고 이를 PointSet 클래스에서 다시 격자수에 해당하는 Point 클래스의 객체를 동적으로 생성을 하게 된다.

즉 **PointSet** 클래스는 **Point** 클래스 형태 데이터를 갖는 객체들의 집합을 가지고 있으며 이에 대한 데이터의 **Min**, **Max** 값과 같이 정렬격자와 비정렬격자에 모두 적용될 수 있는 속성과 기능으로 구성되어 있다. 이를 상속받아 크게 정렬격자와 비정렬격자로 나누고 각각의 특색에 맞는 기능이 수행된다.

Reader 클래스에서는 GL3DviewBase 클래스에서 넘어온 정렬격자와 비정렬격자의 객체 포인터를 이용하여 데이터 종류가 어떤 것인지를 판단하는 일과 그 데이터 종류에 따라 데이터를 Load 하는 것이다. 정렬격자인 경우 Multi-Structured Grid 클래스에서 single-block 들의 배열로써 multi-block을 처리할 수 있도록 되어 있는데 이곳에서 다양한 세부 기능을

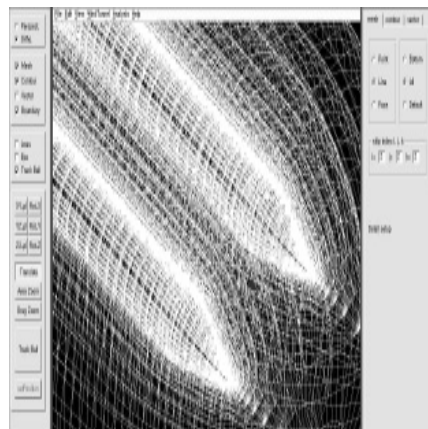


Fig. 3 Mesh plot

설정할 수 있도록 되어 있다. **Datagen** 클래스에서는 격자 및 데이터를 생성을 하는 클래스로 사용되고 있는데 추후 격자 생성용 클래스로 확장할 계획이다. 비정렬 격자는 **Tetra**, **Pyramid**, **Hexahedron** 클래스 형태의 객체들을 사용하는데 이 클래스들은 가상함수가 구현되어 있는 **Cell** 클래스로부터 상속을 받는데 이렇게 함으로서 다형성을 지원할 수 있다. 이러한 다형성의 장점은 상속받는 객체들을 하나로 표현함으로써 프로그램이 구조화되고 간단해 진다는 것이다. 이러한 클래스들은 **QT** 라이브러리를 이용하여, **GUI**를 구성하고 있는 **DAVAMainFrame** 클래스를 통해 수행 명령을 주고받는다.[1]

### 3.2 주요 구현 기능

### 3.2.1 Mesh Plot

Fig.3과 같이 mesh plot 기능은 각 block의 mesh 형태를 보여준다. 대용량의 데이터를 효과적으로 가시화 할 수 있도록 모든 격자점들을 망으로 이어 주는 모드와 물체 표면 격자만 그려주는 모드, 그리고 각 블록의 외곽면 만을 그려주는 모드가 선택 가능하다. 데이터 크기를 텍스트와 그래픽 창에서 확인할 수 되어 있고, 격자면의 index를 따라 격자를 움직이면서 격자의 형태를 관찰할 수 있도록 되어 있다.

각각의 mesh는 고유의 색을 가지고 있어 multi-block의 경우에 각 block들이 어떻게 전체 mesh를 구성하고 있는지 알 수 있다.

### 3.2.2 Contour Plot

Fig.4의 contour plot에서는 3차원 데이터에 대한 I, J, K 방향의 sweeping 기능과 공간절단면을 이용하는 X, Y, Z 방향 sweeping 기능으로 구현되었으며 온도나 속도, 밀도 등의 데이터 값을 컬러로 분포시켜 상태를 알기 쉽게 시각적으로 보여준다.

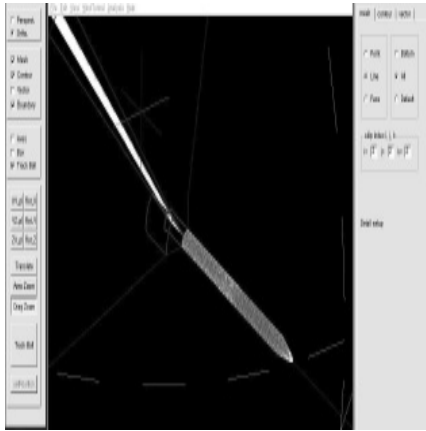


Fig. 4 Contour plot for color temperature

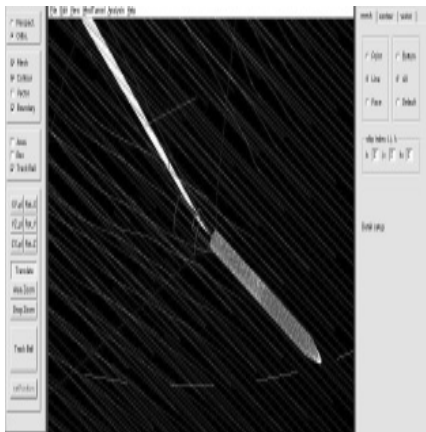


Fig. 5 Streamline

### 3.2.3 Streamline

Fig.5의 Streamline 기능은 3차원 공간에서 구현된 streamline 으로 CFD 계산 결과로부터 물리적인 의미를 찾을 수 있어 분석에 효과적인 도움이 된다.

### 3.2.4 Rotation, Translation, Area/Drag Zoom

가시화 되는 데이터의 분석을 위해선 회전 및 확대/축소가 쉽게 이루어져야 한다. 프로그램에서는 Control Panel 창을 이용한 mode 전환을 통해 수행하게 된다.[2]

## 4. DAVA Stereo 3-D 입체화 연구

### 4.1.1 양안 시차를 고려한 stereo 효과 구현

DAVA 프로그램에 Stereo 효과를 적용하기 이전에 Fig.7에서 보이는 것과 같이 간단한 프로그래밍을 통해 입체 효과를 적용시켜 보았다.



Fig. 6 Control Panel

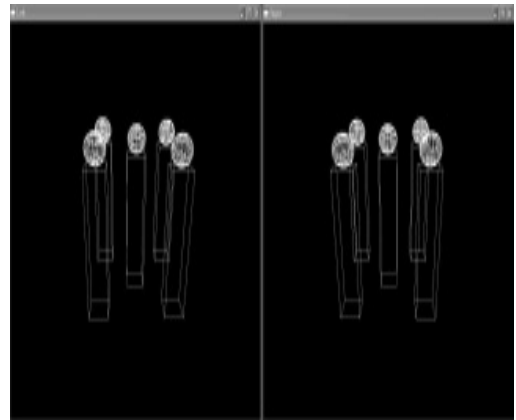


Fig. 7 Test program to verify stereo viewing effect

양안시차를 고려해서 왼쪽 눈에서 보는 화면과 오른쪽 눈에서 보는 화면에 대해 서로 다른 view를 제공 한 뒤 3D monitor와 편광 안경을 통해 입체적 효과를 구현했다.

### 4.1.2 DAVA Stereo 효과 구현

Qt 3 버전을 이용하여 개발되었던 기존의 DAVA Program 을 Qt 4 버전으로 업그레이드 하고 source code를 수정해서 stereo 효과를 구현하였다.

프로그램의 작동 화면을 두 개의 창을 이용해 가시화된 데이터가 양안효과를 가져올 수 있도록 각각의 창에 대하여 가시화 공간 내에서의 카메라 위치 및 각도 지정을 적절히 달리 적용함으로써 stereo 효과를 구현하였다.

각각의 두 개의 창을 monitor size 에 맞게 위치시키고 3D 입체 모니터의 mode를 수평방향 입체 mode로 바꾸면 Fig.10과 같이 좌우 두 개의 영상이 하나로 합쳐진 편광효과 영상으로 나타나고, 이를 3D monitor 시청용 편광 안경을 통하여 보면 입체감있는 3차원 영상으로 가시화 된다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 전산 유체 해석 데이터의 효과적인 가시화

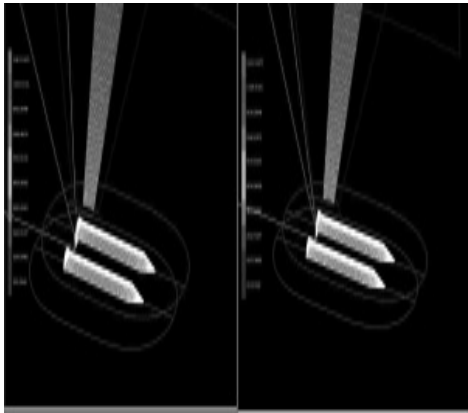


Fig. 8 Stereo effects of DAVA program

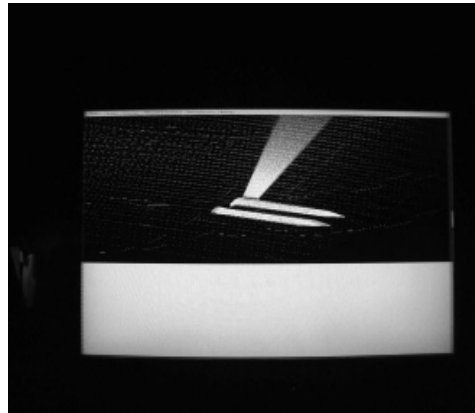


Fig. 10 Polarizing effect on the 3D monitor

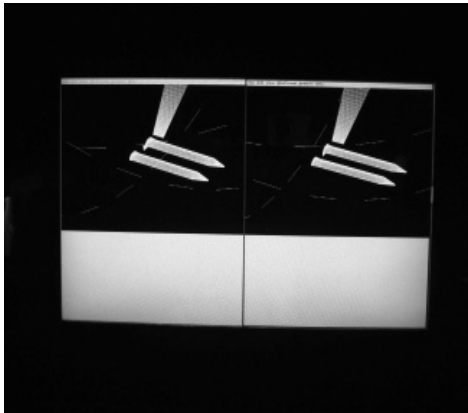


Fig. 9 Visualization data on the 3D monitor



Fig. 11 Stereoscopic visualization data

프로그램의 입체화를 위해 전반적인 과학적 가시화에 대해 살펴보았으며, 그 중 편광 시스템을 프로그램에 적용하여 구현해 보았다. DAVA stereo 프로그램을 이용해서 가시화한 데이터 결과에 대해 3-D Monitor를 이용하여, 추상적이고 복잡한 수치 데이터로부터 의미 있고 입체 가시적인 정보를 효과적으로 얻을 수 있었다.

안경식 입체 영상 시스템은 오랫동안 사용할 경우 약간의 어지럼증을 유발할 수도 있지만 본 연구를 통하여 얻어진 프로그래밍 경험과 구현 노-하우는 추후 다양한 방식의 입체 영상 구현 및 데이터 가시화 기법의 개발에 활용될 수 있을 것이고, 무안경 입체 영상 등 다양한 방식의 입체 가시화 HW 시스템과의 결합을 통하여 더욱 효과적이고도 활용도 높은 가시화 기법의 개발로 이어질 것이다.

## 참고문헌

- [1] 2003, 나정수, 김기영, 김병수, “객체지향 개념을 반영한 유동해석 후처리 프로그램에 대한 연구”, *한국전산유체공학회 2003년도 춘계 학술대회 논문집*, pp.83-84.
- [2] 2006, 김기영, 김병수, “몰입 환경을 위한 3차원 데이터 후처리 소프트웨어의 데이터 글로브에 의한 제어구현”, *한국전산유체공학회지*, pp.56-61
- [3] <http://www.ksc.re.kr>.
- [4] 2002, 임무진(Moojin Im), 이종연(Joongyeon Lee), 조민수(Minsu Joh), 이상산(Sangsang Lee), 임인성(Insung Ihm), “CAVE 상에서의 방대한 볼륨 데이터의 실시간 입체 영상 가시화”, *한국정보과학회*, pp.679-691.