



## 입체 구현 기능을 지닌 데이터 분석 및 가시화 프로그램의 개발

Development of Data Analysis and Visualization Program with Stereoscopic Viewing

\*나정수<sup>1)</sup>, 김기영<sup>2)</sup>, 김병수<sup>3)</sup>

Jeoung-Su Na, Ki-Young Kim, Byoungsoo Kim

In the present study a 3D data visualization and analysis program with stereoscopic viewing is introduced. The GUI of the program is based on Qt-library, while all the graphic rendering is performed with OpenGL library. The program allocates memory dynamically according to the data size so that the problem size is only limited by the computer's hardware memory. The stereoscopic viewing is realized by carefully-calibrated projection and color-masking of red and blue color for the left and right eye, and the only hardware needed for the stereoscopic visualization of 3D data is a cheap and easily-available red/blue glasses. Further work for addition of more functions and options to the present program will be continued.

### 1. 서 론

실험이나 측정, 또는 계산 결과로부터 얻어진 데이터들, 특히 컴퓨터를 이용한 다양한 분야의 계산 결과 데이터들을 효율적으로 분석하거나 변수들의 상관관계를 추적하기 위하여 데이터 후처리 프로그램들이 많이 사용되고 있다. 공학, 자연과학, 의학학, 경제학 등 다양한 학문 분야나 또는 세부 연구 분야마다 처리 대상 데이터의 사이즈나 가시화의 요구 특성이 서로 다르므로, 따라서 각 연구 분야마다 다양한 종류의 후처리 프로그램들이 사용되고 있다.

특히 컴퓨터를 이용하여 엄청난 분량의 데이터를 연산 처리하고 그 결과를 수치 데이터로 얻어내는 전산유체역학 분야의 현재와 같은 발전은 적절한 수준의 후처리 및 가시화 프로그램의 도움없이는 기대하기 어려웠을 것이다. 현재 전산유체역학 분야에서는 Tecplot, Ensignt, AVS 등을 포함하여 많이 종류의 상용 프로그램들이 활용되고 있는 것은 주지의 사실이다.[1-3] 또한, 최근의 여러 상용 CFD 코드들은 자체적인 후처리 기능을 포함하고 있는 경우도 많다.

이처럼 데이터 후처리 프로그램들은 계산 결과나 실험 결과로 얻어진 데이터들을 다양한 관점에서 분석하거나 가시화하여 데이터가 내포하거나 제시하고 있는 중요 정보를 찾아내기 위하여 활용된다. 그러나, 일반적인 환경하에서 이러한 소프트웨어들은 3차원 데이터를 모니터 등의 평면에 투영하여 얻어진 2차원적 표현을 이용하여 가시화가 이루어진다. 한편, 데이터의 물리적 차원이 3차원일 경우 그러한 데이터의 분석은 3차원 환경에서 가시화를 해보는 것이 가장 효율적이라 할 수 있을 것이다. 즉, 3차원 데이터에 대한 3차원 환경에서의 입체적 가시화를 통하여 데이터에 대한 빠른 분석과 직감적인 이해가 가능하고, 나아가 가상 현실과의 연계를 통하여 컴퓨터를 이용한 공학의 새로운 발전 방향의 모색도 가능하다 하겠다. 국내에서 3차원 입체 가시화 시스템을 구축하고 있는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 슈퍼컴퓨팅센터의 "SeeMore"라는 별명의 CAVE 장비가 그 대표적인 경우이다.[4,5] 그러나, 아직까지도 3차원 입체 가시화 시스템은 일반적으로 고가의 장비나 특수한 환경과 프로그램의 설치를 필요로 한다.

대부분의 상용 후처리 소프트웨어들이 여러 분야에서의 광범위한 활용을 목적으로 하는 범용 소프트웨어화하고 있음을 고려하면, 특정 문제에 대한 특화된 가시화 프로그램 및 국내 실

1,2) 충남대학교 항공우주공학과 대학원

3) 충남대학교 항공우주공학과

정에 맞는 데이터 분석 프로그램의 개발 노력은 자체 역량의 축적과 궁극적인 대외 의존 탈피를 위하여 중요하고도 의미 있는 작업이라 하겠고, 국내의 몇몇 연구자들에 의하여 데이터 후처리 프로그램의 자체 개발을 위한 노력이 진행되고 있음은 다행한 일이라 하겠다.[6,7]

본 연구에서는 이러한 작업의 일환으로서 OpenGL API와 Qt 라이브러리를 이용하여 대량의 3차원 데이터의 후처리 기능과 함께, 양안식 입체 구현 기법을 사용하여 고가의 장비 없이도 일반 모니터 상에서 입체적 가시화 기능을 지닌 프로그램의 개발 연구가 수행되었다.

## 2. 프로그램 설명

본 연구의 데이터 가시화 및 후처리 프로그램 (stereoDAVA, stereoscopic DATA Visualization and Analysis program)은 전산유체역학 분야에서 얻어지는 데이터의 가시화에 초점을 맞추어 그 개발이 시작되었고, 앞으로도 필요한 기능들을 지속적으로 보강해나갈 계획이다.

### 2.1 개발환경 및 사용자 환경

본 프로그램의 개발환경은 다음과 같다.

- O S : Windows2000 Professional,
- CPU : Pentium II 500MHz
- RAM : 128Mb
- Compiler: Visual C++ 6.0
- Library: OpenGL과 Qt 2.3.0

OpenGL은 산업계에서 가장 광범위하게 사용되는 3D Graphics API로써 Unix 상의 X-Window 및 MS-Windows 등에서 사용 가능하며 다양한 기능을 가지고 있다. MFC API는 MS윈도우 환경에서의 응용프로그램을 제작하기 위하여 보편적으로 사용되고 있고 다양한 기능을 세밀하게 지원해주지만, OpenGL과 함께 사용하면 OpenGL의 장점인 platform 독립성이란 장점을 살리지 못하게 된다. 반면에 본 프로그램에서 사용된 Qt라는 cross platform library는 platform에 독립적이므로 한번의 재 컴파일만으로도 여러 platform에서 즉, MS-Windows, Unix/Linux, MacOSX 등에서 모두 실행이 가능하다. 성능 면에서도 Qt는 각 platform에 기반한 저수준(low-level)의 함수로 작성되었기 때문

에 기존의 Window에서의 MFC나 Unix/Linux에서의 Xt Toolkit에 비해 손실이 없다. 본 프로그램은 C++로 짜여진 Graphic Library로서 원하는 객체를 상속받아 편리하게 GUI 작성 할 수 있고 platform에 독립적인 Qt Library와 OpenGL API의 장점을 살려 작성되었다.

사용자 환경은 다음과 같은 시스템 사양에서 무리가 없도록 일반 PC와 모니터용으로 맞추어 졌다.

- O S : Windows 9x, windows NT 4.0, Windows2000, RedHat Linux 6.0
- CPU : Pentium II 300MHz
- RAM : 128Mb
- VGA : 해상도 1024\*768 True Color 지원, OpenGL 지원

### 2.2 프로그램의 화면 구성

본 프로그램의 화면 구성은 Fig.1에 나타난 것처럼 다음과 같이 구성되어 있다.

- ① Main Viewport : 3차원 그래픽 화면
- ② Viewport Control : 그래픽 제어
- ③ Detail Control : 세부사항 제어
- ④ State View : 현재상태, 진행된 절차

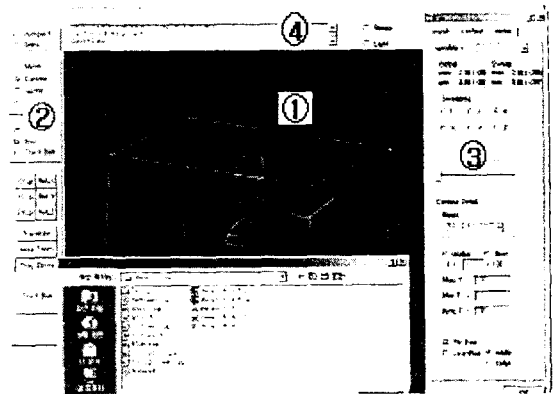


Fig.1 프로그램 실행 화면

### 2.3 Input 파일

프로그램을 실행 시키고 Ctrl+D 또는 메뉴의 File -> Data Load를 선택하면 Data file을 열기 위한 선택창이 보인다. 원하는 Data를 선택한 후 열기 버튼을 누르면 Data Load가 진행

되며 잠시 후 Load된 데이터가 mesh 형태로 보여지게 된다. 데이터 파일 포맷은 현재로서는 전산유체역학 분야에서 많이 쓰이고 있는 Tecplot format를 읽어 들이도록 하였으며, 추후 타 format 들도 확장 예정이다.

일반적으로 3차원 데이터 가시화 프로그램들은 상당히 많은 데이터를 가지고 작업을 하기 때문에 많은 메모리를 요구한다. 앞으로 일반 PC에서도 큰 메모리 사용이 가능할 것으로 기대가 되지만 현재 일반 PC 사양에서 사용 가능하게 하기 위해서는 메모리의 사용을 최대한 절약하여야 할 것이다. 본 프로그램은 우선 데이터가 사용 가능한지를 판단한 후 변수 정보와 zone 정보를 읽어 들인다. 그리고 읽어 들인 정보에 따라 동적으로 메모리를 할당하고 나서 실제 데이터를 읽어 들여 1차원 배열에 저장한다. 따라서, 가시화 대상 데이터의 분량이 아무리 크더라도 사용하는 PC의 하드웨어적인 메모리의 크기를 넘지 않으면 후처리 구현이 가능하도록 프로그램되었다.

## 2.4 편리성을 위한 GUI 구성

기존 상용프로그램과 비교해 볼 때 아직 추가해야 할 사항들이 많이 있지만 가장 많이 쓰이는 기능들을 중심으로 작성하였고 추가기능을 위한 프로그램 구성도 고려되었다. 상용프로그램인 Tecplot이 본 프로그램 개발과정에서 많이 참고되었고, 따라서 GUI의 구성이나 몇몇 용어 등도 Tecplot에서 빌려온 것들이 있음을 밝힌다. MFC 보다 편리하게 GUI 를 구성할 수 있도록 도와주는 Qt 라이브러리를 사용하여 컨트롤 버튼 및 사용자 입력창을 배치하였다. Qt 자체에서도 여러 기능을 제공하지만 3차원 환경에서 사용되기 위해서는 버튼만으로 편리성을 제공하지 못하기 때문에 버튼과 함께 마우스를 드래그하면서 컨트롤 할 수 있도록 하였으며 주요 기능을 살펴보면 다음과 같다.

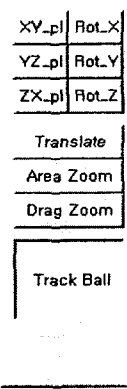
### 2.4.1 Object Guide Viewer

3차원 공간에서의 다음 3가지 선택으로 Object의 Moving control를 위해 Guide 라인을 보여준다.

- Axes : Object의 중심을 기준으로 한 3 축
- Box : Box 형태의 Volume Guide 라인
- Track Ball : 두개의 점선 대원

### 2.4.2 translate, zoom, rotation

3차원 공간을 이동시키면서 관찰하기 위한 기능으로 버튼을 선택한 후 마우스의 왼쪽 버튼을 누른 채 드래그를 하며 사용한다.



- XY\_pl, YZ\_pl, ZX\_pl :  
x, y, z 평면
- Rot\_X, Rot\_Y, Rot\_Z :  
x, y, z 축 회전
- Translate: 평행이동
- Area Zoom: 영역 선택 확대
- Drag Zoom: 마우스 드래그에 의해 축소/확대
- Track Ball : 트랙볼의 바깥 표면을 잡고 회전

Fig.2 View Control

### 2.4.3 Viewport Control

Viewport의 3차원 그래픽을 화면상에 나타내게 하는 투영방법을 설정할 수 있고 양안식 입체 가시화를 위한 선택 기능이 있다.

- Perspect.: 원근투영
- Ortho. : 직교투영
- Stereo : 양안식 입체 가시화 기능 선택
- Light : 조명의 활성화

### 2.4.4 State View



Fig.3 State view

Data 가 Load 되면 위의 그림과 같이 Load 된 Data에 대한 간략한 텍스트 설명이 보인다. Data의 위치와 이름 그리고 사용된 변수에 대한 정보를 보여주며, 다른 Data를 Load 했을 때 그 전에 수행했던 작업에 대한 history가 남아있어서 스크롤-바를 이용하여 거슬러 올라가 그 내용을 확인할 수 있다.

## 2.5 데이터 분석을 위한 기능

사용자의 편이를 위하여 다양한 방법으로 3차원 데이터를 관찰 할 수 있도록 선택기능을 제공한다. 사용자에게 필요한 데이터 정보를 텍스

트와 칼라색상으로 나타내어준다.

### 2.5.1 Object Viewer Control

Tecplot을 모델로 하여 Mesh, Contour, Vector, Boundary 기능을 선택 할 수 있다.

### 2.5.2 sweeping i,j,k, x,y,z

평면이나 격자면을 움직이면서 그 면에 해당하는 특성값들을 contour plot 해주는 기능으로, 이를 Tecplot에서는 sweeping 이라는 용어로 부르고 있다. 본 프로그램에서는 slider bar의 움직임에 따른 sweeping을 하면서 특성값들을 관찰 할 수 있도록 하였다. i, j, k, 즉 격자면을 따라서, 혹은 x, y, z 방향으로 sweeping을 하면서 데이터를 관찰 할 수 있도록 함으로써 다양한 각도에서의 관찰이 가능하다. 프로그램의 주기능이 될 Contour Plot 기능을 보다 쉽고 강력하게 제작하는데 초점이 맞추어 졌으며, 다음의 Fig.4에서는 x-축을 따라서 이동되는 면에서의 contour plot의 예를 보여주고 있다.

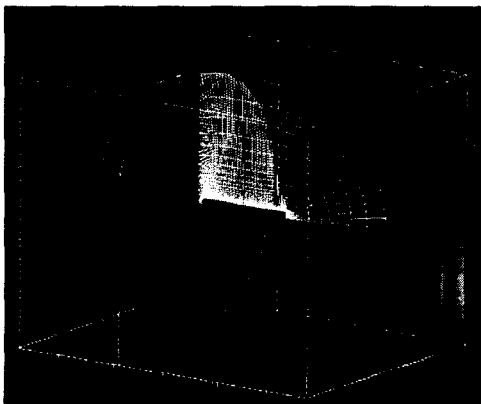


Fig.4 x-축 방향 Sweeping

### 2.5.3 contour 기능

관찰 하고자 하는 특성 값을 contour 띠에 해당하는 색으로 표현한다. 사용자의 선택에 따라 선이나 면으로 구분할 수 있으며 level 수를 바꾸어 좀 더 세밀하게 관찰 할 수 있다. Load 된 데이터로부터 원하는 평면에 해당하는 부분의 데이터의 최대/최소값을 계산한 다음 사용자가 선택한 level 개수만큼 contour plot을 그리거나,

또는 사용자가 입력한 최대/최소값을 이용하여 contour plot을 그릴 수도 있다. Fig.5는 color line-plot으로 contour plot을 그린 예를 보여주고 있다.

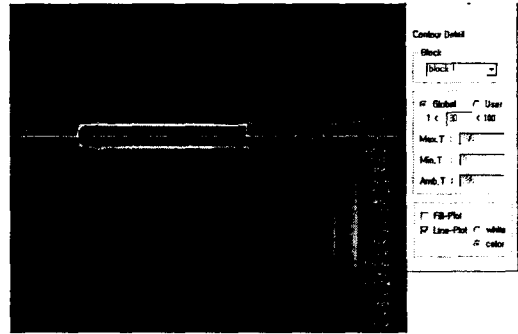


Fig.5 z-축 방향 Color Ling-Plot

### 2.5.4 Vector/Streamline 기능

유동장의 속도벡터와 같이 3차원 벡터 데이터에 대하여 벡터 plot을 그리거나, 각 벡터에 접하는 궤적, 즉 유선을 그려줌으로써, 벡터장의 분석을 용이하게 할 수 있다.

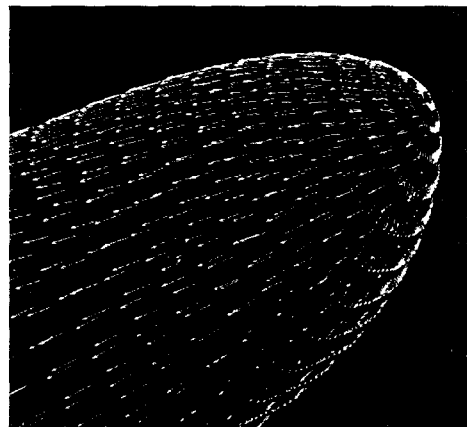


Fig.6 Vector trace

## 3. 양안식 입체 가시화 구현

인간이나 동물은 두 눈을 통하여 약간의 다른 각도로 사물을 바라본다. 이때 이 좌/우 두 영상을 뇌가 합성하게 되면 우리는 공간과 사물을 입체적으로 지각하게 된다. 때문에, 현실의 사물을 바라보지 않고서도 좌/우 두 영상을 만들어, 이를 두 눈으로 볼 수 있는 적절한 방법을 갖춰주면

기존의 영상과는 다른, 확실한 공간감과 물체의 뚜렷한 부피감을 가지는 마치 실체를 보고 있는 듯한 느낌의 입체 영상을 만들 수 있다. 이러한 영상을 스테레오그래피(steriography)라 한다.

본 프로그램은 3차원 데이터를 입체적으로 가시화할 수 있는 기능을 양안식 입체영상 기법을 통하여 구현하였다.

### 3.1 양안식 입체 영상 생성 원리

#### 3.1.1 일안에 의한 평면 투영

Fig.7에 나타난 것처럼, 카메라로 표현된 일안에 의하여 일어나는 영상을 살펴보면 A점은 A'에, B점은 B'에 찍히게 된다. 실제로 A점은 투영면의 뒤편에 위치하고 B점은 투영면의 앞에 위치하는데도 불구하고 동일한 평면 위에 2차원 이미지로 나타남으로서 현실감이 떨어지는 문제점이 발생한다.

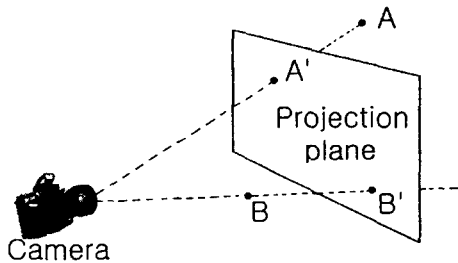


Fig.7 평면 투영의 결과

#### 3.1.2 양안에 의한 입체감 투영

반면, 인간의 두 눈의 경우처럼 양안에 의한 영상의 경우는, Fig.8에서처럼 좌측 눈의 시각에서 A점은 ALeft에, B점은 BLeft에 찍히는 영상이 투영되고, 우측 눈의 A점은 ARight에, B점은 BRight에 찍히는 영상이 투영되고, 좌안에 의한 영상과 우안에 의한 영상이 뇌에 의해 합성되어 그림에 보이는 것과 같이 거리감이 나타나고 입체영상이 생성된다.

이때 B와 같이 투영면보다 앞쪽으로 생성되는 영상을 Negative Parallax라 하고, A와 같이 뒤쪽에 생성되는 영상은 Positive Parallax라 한다. 그리고 투영면 상에 생성되는 영상을 Zero Parallax라 한다.

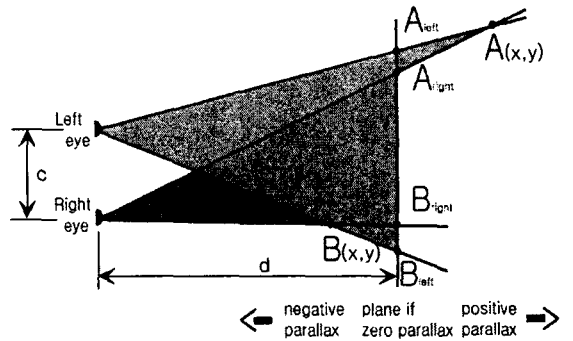


Fig.8 양안에 의한 평면 투영

#### 3.1.3 양안에 의해 합성된 입체영상의 안정성을 위한 고려사항

##### ① 카메라로부터 투영면까지의 거리

투영면까지의 깊이에 따라 좌우 카메라에 의해 투영된 영상간의 간격 즉 ALeft와 ARight간의 간격이 결정되는데 가까우면 입체감은 좋아지나 안정감이 떨어지고, 반대로 멀어지면 안정감은 좋아지나 입체감은 떨어지는 문제가 발생하므로 적절한 깊이를 결정하는 기술이 필요하다.

##### ② Negative와 Positive Parallax간의 균형

영상을 구성하는 Vertex들이 투영면을 중심으로 Negative와 Positive Parallax 반반씩 구성하는 것이 안정감과 현실감이 가장 이상적인 것으로 나타났다.

본 연구는 PC모니터를 사용하였으므로, 관측자와 투영면까지의 거리를 500mm로, 양안의 간격은 70mm로 측정하여 입체감을 최적화하였다.

#### 3.1.4 양안에 대한 투영면 변환식

카메라와 투영면까지의 거리를 d, 좌/우측 양안간의 간격을 c라 할 때, 좌우측 눈에 의한 투영 변환식은 다음의 표와 같다.

좌측 눈에 투영되는 영상의 계산식	우측 눈에 투영되는 영상의 계산식
$\left( \frac{(x + \frac{c}{2})d}{d-z} - \frac{c}{2}, \frac{yd}{d-z} \right)$	$\left( \frac{(x - \frac{c}{2})d}{d-z} + \frac{c}{2}, \frac{yd}{d-z} \right)$

### 3.2 양안식 입체감 적용방법

입체구현방법에는 컴퓨터나 TV에 간편하게 설치해 입체영상을 즐길 수 있는 "LC shutter glasses" 방식과 사진이나 필름영상 두 개를 옆으로 놓고 확대렌즈로 보는 "입체경" 방식, 극장용 편광안경방식, 그리고 최신식인 HMD 방식과 무안경용으로 렌티큘라방식, 베리어방식 등 다양한 방식이 있다.[8,9] 본 연구에서는 현재 비용이 가장 저렴하며 세미칼라톤을 나타낼 수 있고 대중적으로 보급하기에 좋은 적청 안경을 착용하고 보는 "Red/Blue" 방식을 채택하여 물체의 입체감을 표현하였다. Red/Blue 방식의 경우, 왼쪽 눈의 이미지는 적색으로 오른쪽의 이미지는 청색으로 나타내어 적청 안경을 착용함으로써 각각의 좌/우 두 영상을 뇌가 합성하게 되어 공간과 사물을 입체적으로 지각하게 된다.

적색 이미지는 오른쪽 눈의 시각에서 본 이미지를 렌더링 하기 전에 적색 성분을 제외한 나머지 성분이 컬러 버퍼에 쓸 수 없도록 설정함으로써 얻을 수 있고, 청색 이미지 또한 왼쪽 눈의 시각에서 본 이미지를 렌더링 하기 전에 청색 성분을 제외한 나머지 성분이 컬러 버퍼에 쓸 수 없도록 설정함으로써 얻을 수 있다. 컬러 버퍼에 색 성분을 표시할 수 있도록 설정하는 것은 OpenGL 라이브러리 함수 중 glColorMask를 이용하였다.

Fig.9는 이와 같은 양안식 입체 가시화 기능을 이용하여 본 프로그램에 의하여 보여지는 영상의 한 예를 보여주고 있다. 이러한 영상을 적청 안경을 쓰고 보면 입체감이 있는 가시화가 가능하며, 본 stereoDAVA 프로그램이 제공하는 control 기능과 함께 사용함으로써 데이터 분석의 효율을 높일 수 있다.



Fig.9 양안식 적청 입체 가시화의 예

### 4. 결 론

본 연구에서는 3차원 데이터의 입체적 가시화를 특수한 장비나 하드웨어에 의존하는 프로그램의 설치 과정이 필요 없이 일반 모니터를 이용하여 손쉽게도 저렴하게 구현할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 성능과 이식성이 비교적 우수한 Qt 라이브러리와 OpenGL 라이브러리를 사용하였으며 유용한 기능을 중심으로 3차원 데이터를 가시화할 수 있도록 하였다. 양안식 적청 방식을 이용하여 입체감을 구현하였으며 이번 연구에서 얻어진 기술을 바탕으로 좀 더 현실감이 느껴지도록 완성도를 높여 가고, 추가 기능과 함께 다양한 format 의 data를 읽어 들일 수 있도록 확장할 계획이다.

### 참고문헌

- [1] www.amtec.com
- [2] www.kw-tech.co.kr
- [3] www.neat.co.kr
- [4] www.hpcnet.ne.kr
- [5] www.evl.uic.edu
- [6] 사중엽, 유종근, "3D 후처리 프로그램 개발에 관한 연구," 한국전산유체공학회 1999년도 추계학술대회논문집, pp.163-166,1999.
- [7] 장재원, 허남건, "화재 simulation을 위한 Post Processor 개발," 한국전산유체공학회 2001년도 춘계학술대회논문집, pp.155-160, 2001.
- [8] www.stereo3d.com/link.htm#Pix
- [9] www.3d-web.com