

몰입 환경을 위한 3차원 데이터 후처리 소프트웨어의 데이터 글로브에 의한 제어 구현

김기영¹, 김병수^{*2}

CONTROL OF A 3-DIMENSIONAL POSTPROCESSING SOFTWARE USING DATA GLOVES FOR IMMERSIVE ENVIRONMENT

K.Y. Kim¹ and B.S. Kim^{*2}

As the size and dimension of target problems in the field of computational engineering including CFD gets bigger and higher, it is needed to have more efficient and flexible data visualization environment in terms of software and hardware. Even though it is still manageable to use a mouse in controlling 3-dimensional data visualization, it would be beneficial to use 3-D input device for 3-D visualization. "Data Glove" is one of the best 3-D input devices, because human hands are best tools for understanding 3-D space and manipulating 3-D objects.

Signals coming from "Data Glove" are analog and very sensitive to finger motions, therefore signal filtering using a digital filter is applied. This paper describes our experience and benefits of using data gloves in controlling 3-dimensional postprocessing softwares.

Key Words: 데이터 글로브(data gloves), 3차원 데이터 가시화(3-D data visualization), 디지털 필터(butterworth filter), Qt computer program

1. 서 론

전산유체분야에서는 3차원의 데이터의 직관적인 분석을 위해 3차원 후처리 가시화 프로그램 개발에 많은 투자를 하고 있다. 더 나아가 전산유체역학 연구 분야의 선진국에서는 3차원 데이터의 효율적인 조작과 더불어 공간감을 극대화하기 위한 입체 stereo display의 개발이 진행 중이다. 이런 추세에 발맞춰 전산유체 수치 데이터에 대한 3차원 stereo 후처리 프로그램을 개발하여 개발 노하우를 축적함과 동시에 상용의 프로그램에서 얻을 수 없는 사용자 요구에 유연한 데이터 처리 효과를 반영할 수 있는 라이브러리가 개발 되어야 한다고 생각된다.

일반적으로 3차원 모델링 소프트웨어에서 사용되는 2차원

적인 마우스 움직임을 이용하여 3차원의 공간 데이터를 조작하는 것은 한계가 있다. 따라서 공간 개념을 쉽게 인식하기 위해 인간의 손을 이용한 3차원 데이터 조작 및 입체 stereo 기법에 대한 연구가 이루어지고 있다

이를 위해 본 논문에서는 3차원 stereo 후처리 프로그램의 개발 초기 단계로 data glove를 이용해 3차원 데이터를 조작할 수 있는 소프트웨어를 개발, 적용하는 방법에 대해 연구하였다.

2. Data 후처리 소프트웨어

2.1 프로그램 조직도

본 연구에서는 객체-지향 개념을 사용하여 후처리 프로그램을 개발하였고, Fig. 1에서 본 프로그램을 구성하고 있는 주요 클래스와 설계 구조도를 보여주고 있다. 각 박스들은 클래스를 의미하고 실선은 상속관계를 그리고 점선은 협력관계를 나타내고 있다. 클래스 협력 도표와 관련된 클래스들의 주요 기능을 살펴보면, Point class 에서는 계산결과인 종속변수를

접수일: 2006년 3월 2일, 심사완료일: 2006년 3월 30일.

1 학생회원, 충남대학교 대학원 항공우주공학과

2 정회원, 충남대학교 항공우주공학과

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

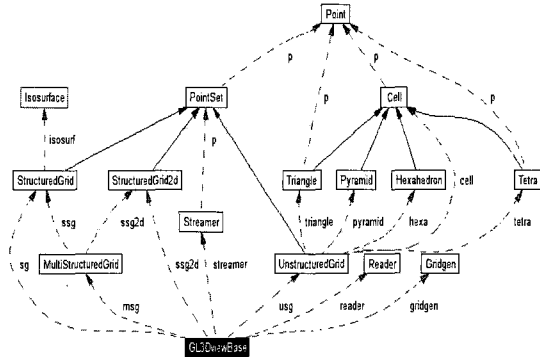


Fig. 1 가시화 소프트웨어 전체 설계구조도

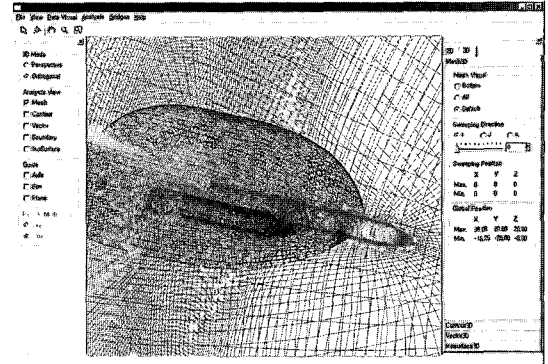


Fig. 2 Mesh plot

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-StructuredGrid 클래스에서 single-block 들의 배열로써 multi-block을 처리 할 수 있도록 되어 있는데 이곳에서 다양한 세부 기능을 설정 할 수 있도록 되어 있다. Datagen 클래스에서는 격자 및 데이터를 생성을 하는 클래스로 사용되고 있는데 추후 격자 생성용 클래스로 확장할 계획이다. 비정렬격자는 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, GUI를 구성하고 있는 DAVAMainFrame 클래스를 통해 수행 명령을 주고받는다[1].

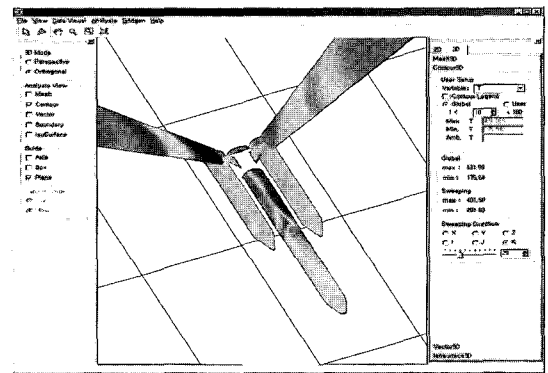


Fig. 3 온도에 대한 색상 contour plot

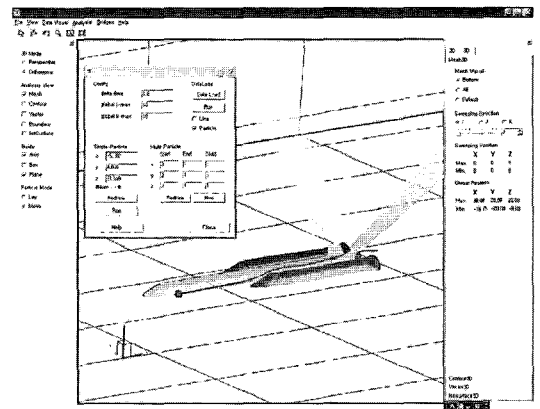


Fig. 4 Streamline을 통한 유체특성 관찰(red line)

2.2 주요 구현 기능

2.2.1 MESH PLOT, CONTOUR PLOT, AND STREAMLINE

Fig. 2와 같이 mesh plot 기능은 각 block의 mesh 형태를 보여준다. 각각의 mesh는 고유색을 가지고 있어 multi-block의 경우에 각 block들이 어떻게 전체 mesh를 구성하고 있는지 알 수 있다.

Fig. 3의 contour plot에서는 I, J, K surface 및 X, Y, Z surface에 대해 온도나 속도, 밀도 등의 데이터 값을 컬러로 분포시켜 데이터 상태를 알기 쉽게 시각적으로 보여준다. sweep 기능이 있어 특정 grid surface에서의 데이터 분포를 알 수 있다.

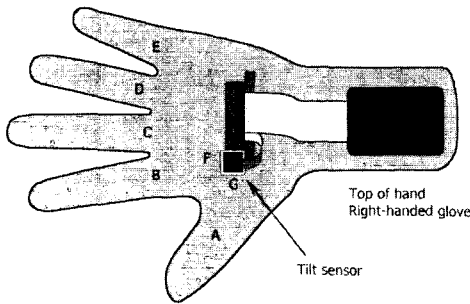


Fig. 5 Data glove의 sensor

Fig. 4의 streamline 기능은 수치데이터 범위 안에서 사용자가 원하는 위치에 particle을 놓고 실행을 하면 유체흐름 특성을 알 수 있도록 streamline을 그려준다.

2.2.2 ROTATION, TRANSLATION, ZOOM IN/OUT

가시화되는 데이터 상태에 대한 면밀한 조사를 위해서 회전 및 이동, 확대/축소가 필요하다. 프로그램에서는 화면 상단 아이콘을 선택하면 원하는 mode로 전환이 되고, 마우스의 움직임에 따라서 이를 각각 수행하게 된다

3. DATA GLOVE

3.1 소개 및 사용법

본 논문에서 사용하고 있는 data glove는 "5DT Data Glove 5"로 5개의 손가락 센서와 팔목의 물과 피치에 해당하는 2개의 센서로 이루어져 있다. 손가락 굽힘 또는 팔목의 움직임 정도에 따라서 전선에 흐르는 저항값이 달라지게 되고 이를 COM port를 이용하여 컴퓨터에 입력받게 된다.

Fig. 5는 data glove의 입력 신호의 ID이다. A-E가 손가락 신호이고, F,G가 각각 pitch와 roll에 대한 신호이다[2].

3.1.1 손 동작에 따른 입력값의 정의

Fig. 6은 가시화 소프트웨어에 적용된 손동작을 정의한 것이다. 손가락으로 표현될 수 있는 동작을 각각의 gesture로 정의함으로써 프로그램 구현에 있어서 반복되는 조건문을 간단하게 처리할 수 있다

3.2 순환 디지털 필터

Data glove를 통해서 컴퓨터의 COM port로 입력되는 값들은 전기 저항값 변화에 민감한 analog 신호의 데이터이다. 특히 사람의 손은 항상 약간의 미동이 있으므로 신호 중에는 의도되지 않은 데이터 값이 있을 수 있다 따라서 디지털 필

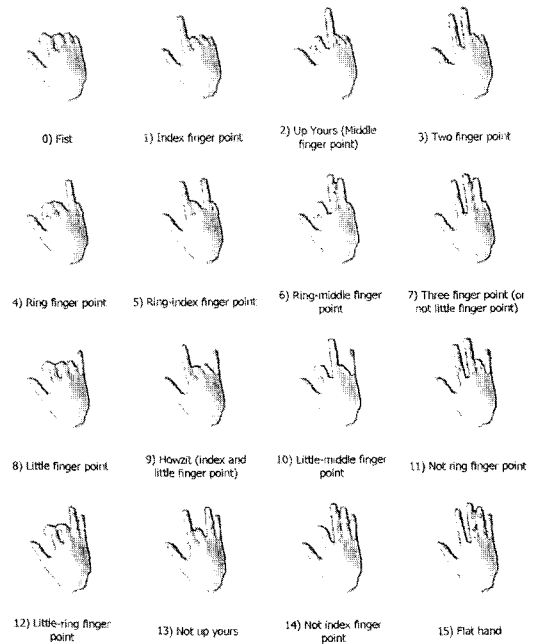


Fig. 6 손동작에 따른 입력 값 정의

터를 통해 이를 해결하였다.

필터란 입력 신호에 대해 변경을 가한 후 출력 신호를 내보내는 시스템이다. 여기서 사용한 순환 디지털(Butterworth) 필터는 특정한 주파수 성분을 제거하는 기능을 수행한다[3].

$$|H(w)| = \frac{1}{1 + (\frac{w}{w_1})^{1/22n}} \tag{1}$$

수식에서 w_1 은 차단 주파수이고, n 은 필터의 차수이다. 주파수 영역에서 위와 같은 진폭 특성을 갖는 필터를 n 차 Butterworth 필터라 한다.

본 논문에서는 반응 시간을 고려하여 2차 Butterworth 필터를 이용하였다. 3차 이상의 필터값을 이용했을 경우, 프로그램에서 나타나는 반응속도가 동작 속도와 비교했을 때 약간의 시간 지연이 있는 것을 확인할 수 있었다

다음은 위의 수식을 소프트웨어에 적용한 알고리즘이다.

Digital Filter Transfer function : $H(z)$

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_N z^{-N}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_M z^{-M}} \tag{2}$$

z^{-1} : 단위 지연 연산자

$$Y(z) = H(z)X(z) \tag{3}$$

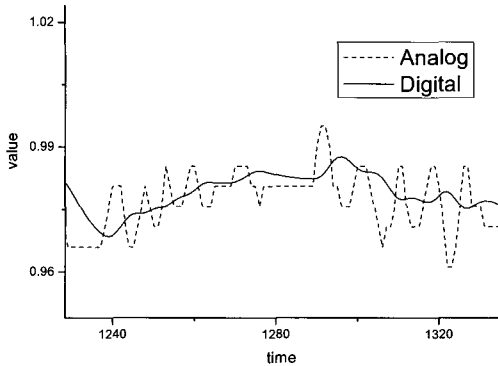


Fig. 7 Analog 신호가 filter에 의해 digital 신호 변환된 그래프

$$y(t) = H(z)x(t) \tag{4}$$

$$y(t) = -\sum_{i=1}^M a_i y(t-i) + \sum_{j=0}^N b_j x(t-j) \tag{5}$$

($t = 0, 1, 2, \dots$) 단, $t < 0$ 일때, $x(t) = y(t) = 0$

본 논문에서 사용된 2차 디지털 필터의 식은 다음과 같다.

$$y(t) = -a_1 y(t-1) - a_2 y(t-2) + b_0 x(t) + b_1 x(t-1) + b_2 x(t-2) \tag{6}$$

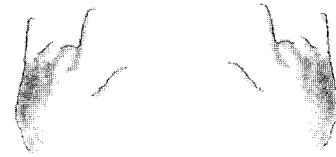
여기서 a, b는 butterworth filter 상수라 하고, 민감도를 나타낸다.

Fig 7.은 소프트웨어에 적용 후 analog 입력에 대한 2차 순환 디지털 필터 반응을 그린 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 갑작스러운 analog 데이터 변화에 대해 필터를 통해 실질적으로 소프트웨어에서 받아들여지는 데이터 값들은 민감도가 완만함을 나타내고 있다. 따라서 약간의 손 떨림에 의한 의도되지 않은 반응에 대해서는 소프트웨어에서 배제하여 처리하게 된다.

4. DATA GLOVE 적용방법

4.1 동작

본 논문에서 사용되는 data glove는 위치 신호를 받아들이는 센서가 없기 때문에 가시화 프로그램의 조작은 양손의 data glove 손가락 동작 또는 팔목 신호를 이용한 조합으로 이루어지고 있다. 마우스를 이용해 프로그램을 조작하는 방법 뿐만 아니라, 거의 모든 기능을 마우스 없이 data glove 만을 이용하여 데이터를 조작할 수도 있다.



9) Howzit (index and little finger point) 9) Howzit (index and little finger point)

Fig. 8 Mesh plot mode 전환 동작



9) Howzit (index and little finger point) 0) Fist

Fig. 9 Contour plot mode 전환 동작

4.2 DATA GLOVE 사용방법

“2.2 주요 구현 기능”에 제시된 기능을 data glove를 통해 가시화된 3차원 데이터의 조작을 가능하게 한다. 양 손에 data glove를 착용하고, 특정 동작을 취하는 것에 따라 각각의 주요기능 mode로 전환이 된다. Mode가 전환 된 후에는 손가락 움직임 또는 손목의 움직임에 의해 각 기능에서 필요한 입력 값을 변화시켜주게 된다. 현재까지 프로그램의 제어를 위하여 정의된 동작들은 다음과 같다.

4.2.1 MOUSE 기능

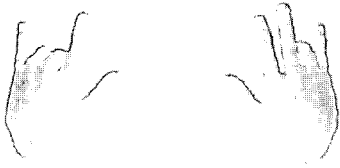
화면의 커서 이동은 왼손, 오른손의 엄지와 검지를 이용한 다. 즉, 왼손의 엄지의 굽힘 정도에 의해 화면 하단으로 커서가 움직이고, 검지는 커서가 화면 왼쪽 방향으로 움직인다. 또한 오른손의 엄지와 검지는 왼손의 것과 반대방향으로 커서가 움직인다.

4.2.2 MESH PLOT

Fig. 8 의 동작을 취하면, 프로그램 내에서 각각의 손동작의 ID를 인식하여 mesh plot mode를 설정하게 된다.

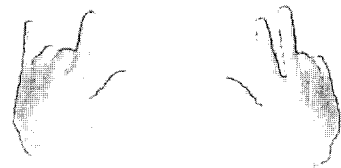
4.2.3 CONTOUR PLOT

Fig. 9 의 동작을 취해 mode를 전환하고, i, j, k 방향의 mesh 에 대한 contour sweep을 위해 손가락움직임(엄지 i, 인지 j, 중지 k 방향)을 이용한다.



9) Howzit (index and little finger point) 11) Not ring finger point

Fig. 10 Streamline mode 전환 동작



9) Howzit (index and little finger point) 3) Two finger point

Fig. 13 Translation mode 전환 동작

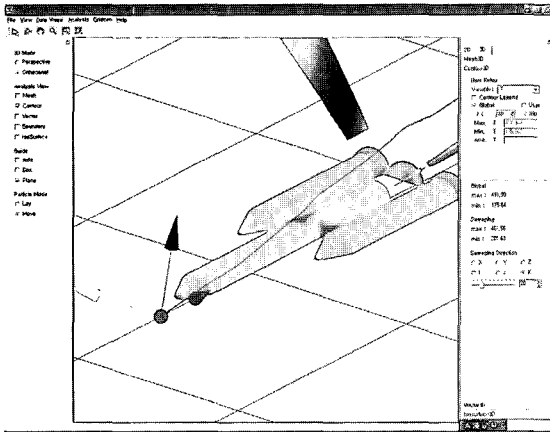
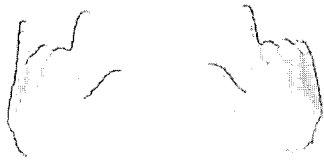


Fig. 11 Streamline 구현의 예



9) Howzit (index and little finger point) 1) Index finger point

Fig. 12 Rotation mode 전환 동작

4.2.4 STREAMLINE

Fig. 10과 같은 동작을 취하여 streamline mode로 설정하고 streamline seed point에 해당하는 particle을 위치시키기 위해 x, y, z 축에 대한 손가락 움직임(엄지 x, 검지 y, 중지 z 방향 이동)을 통해 사용자가 원하는 위치로 이동한다.

Fig. 11에서 빨간색 점이 particle을 의미하고, 선은 streamline을 의미한다.

4.2.5 ROTATION

Fig. 12의 동작을 취하면, 프로그램 내에서 각각의 손동작의 ID를 인식하여 rotation mode를 설정하게 된다. 일단 설정



9) Howzit (index and little finger point) 15) Flat hand

Fig. 14 Zoom In/Out mode 전환 동작



8) Little finger point 8) Little finger point

Fig. 15 Idle state(mouse mode) 전환 동작

이 되면 손가락 동작(엄지 x, 검지 y, 중지 z 축 회전)에 의한 커서의 움직임을 인식하여 회전이 이루어진다.

4.2.6 TRANSLATION

Fig. 13에 의해 mode를 전환하고, rotation과 같은 방법으로 커서를 손가락으로 이동하여 가시화 데이터를 움직인다.

4.2.7 ZOOM IN/OUT

Fig. 14 동작에 의해 Zoom In/Out mode로 전환하고 손가락 움직임에 따라서 확대 축소가 가능하게 된다. 즉, 왼손 검지의 굽힘 정도에 따라서 화면이 확대가 되고 오른손 검지로는 축소가 이루어진다.

4.2.8 IDLE STATE(MOUSE MODE)

Fig. 15 동작에 의해 mouse mode로 전환하고 glove의 사용을 종료한다.

5. 결 론

전산유체 후처리 가시화 프로그램을 개발하고 여기에 사용자가 가시화된 데이터를 디스플레이 장치 앞에 서서 몰입감을 유지하면서 직관적으로 인식할 수 있도록 마우스 컨트롤을 대신하여 data glove를 사용하여 제어할 수 있도록 적용하여 보았다. 개발 초기 단계이고 그동안 많은 사용자들이 마우스 입력에 익숙해져 있었기 때문에 data glove의 사용에 익숙해지기까지는 시간이 필요한 것도 사실이다. 하지만 data glove를 통해 수치 데이터를 3차원 공간상의 데이터로 인식하는데 많은 도움이 된다는 사실이 개발 과정 중 확인된 결과이다.

계속해서 현재 개발 중인 후처리 가시화 소프트웨어를 라이브러리화 하여 개발상의 편의를 도모함과 동시에 후처리

데이터의 직관성을 높이기 위한 여러 가지 가시화 알고리즘의 개발과 함께, 가상현실과 같은 입체감 구현을 위해 HMD(Head-Mount Display) 등 스테레오 디스플레이 장치와의 연동을 통한 몰입형 데이터 가시화 장치 개발도 추진하고자 한다.

참고문헌

- [1] 나정수, 김기영, 김병수, 2003, “객체지향 개념을 반영한 유동해석 후처리 프로그램에 대한 연구,” 2003년도 춘계 학술대회 논문집, p.83-84.
- [2] "SDT Data Glove 5," *User's Manual*, p.57.
- [3] "Signal-Designer," http://realgain.co.kr/test/product/sd_e2_ch5.htm