

스테레오 카메라에 의한 위치 추적과 3차원 데이터 후처리 프로그램의 연동

Three-Dimensional Data Visualization Program Combined with Position Tracking System Using Stereo Cameras

김 병 수* 서 진 원* 이 봉 주*
Kim, Byoung-Soo Seo, Jin-Won Lee, Bong-Ju

ABSTRACT

Data post-processing programs are used for analysis and visualization of the data obtained from computational fluid methods or flow field experiments. In this paper 3D data visualization system which combines a data visualization program with position tracking system using stereo cameras is introduced. This system offers virtual environment for visualization and analysis of three dimensional data.

주요기술용어(주제어) : CFD(전산유체역학), Data Post-Processing(데이터 후처리), Position Tracking(위치 추적), Stereo Vision(입체 영상), Data Visualization(데이터 가시화)

1. 머리말

여러 공학적인 분야의 실험 및 측정 그리고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 쏟아져 나오고 있는 데이터의 분석을 위하여 많은 가시화 프로그램들이 상용 또는 자체 개발되어 사용되어지고 있다. 하지만, 공학적 알고리즘과 컴퓨팅 기술의 발달로 인하여 공학 분야의 세분화가 이루어지고 있고, 이전보다 더욱 진보된 형태의 물리현상을 분석하는 모델들이 등장함으로써, 데이터의 용량은 점점 방대해져가고 있는 것이 현재의 실정이다.

이런 막대한 데이터의 홍수 속에서 좀 더 효율적으

로 데이터를 분석하거나 데이터에 내포된 정보를 쉽고 빠르게 인지할 수 있도록 하기 위하여 후처리 기능을 좀 더 발전시킨 가시화 프로그램들이 필요하게 되었으며, 그에 따라 여러 공학적인 분야에서 좀 더 진화된 기능의 가시화 프로그램을 개발하고 있다.

그러나 대부분의 경우 여전히 2차원 평면인 모니터를 통해서 분석된 결과를 보아야 한다. 이는 3차원으로 결과를 보기 위해 평면 모니터에서 깊이의 정도를 표현하기 위해 다양한 방법들을 사용하지만 마우스 및 다른 조작을 통해서 그러한 정보를 사용자가 체감으로 느끼기에는 많은 부족한 점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 입체영상관련 소프트웨어와 시스템들이 개발되고 있다. 이러한 시스템을 구축하기 위해서는 입체영상을 위한 특수 카메라와 소프트웨어 등 많은 비용이 필요하게 된다. 이에 맞춰 저비용 고효율을 낼 수 있는 시스템의 개발이 필

† 2006년 6월 5일 접수~2006년 11월 20일 게재승인

* 충남대학교(Chungnam National University)

주저자 이메일 : kbskbs@cnu.ac.kr

요하게 되었다.

또한 본 실험실에서 자체 개발 중인 3차원 유동장 데이터 후처리 프로그램에 더욱 현실감을 보태기 위한 위치 추적 시스템이 필요하게 되었다. 이 시스템은 3차원 결과를 볼 때 사용자의 움직임을 카메라가 받아들이고, 그에 따른 변환된 위치를 추적하여 그 결과를 후처리 프로그램에 반영해 사용자의 움직임에 따라 가시화되는 대상물이 그에 맞게 변환되어 보다 현실감을 증폭 시킬 수 있다.

이에 본 논문에서는 자체 개발 중인 3차원 유동장 데이터 후처리 프로그램을 스테레오 카메라를 이용한 위치추적 기법과 연동하여 보다 현실감 있는 가시화를 할 수 있도록 구현하였다.

2. 본 론

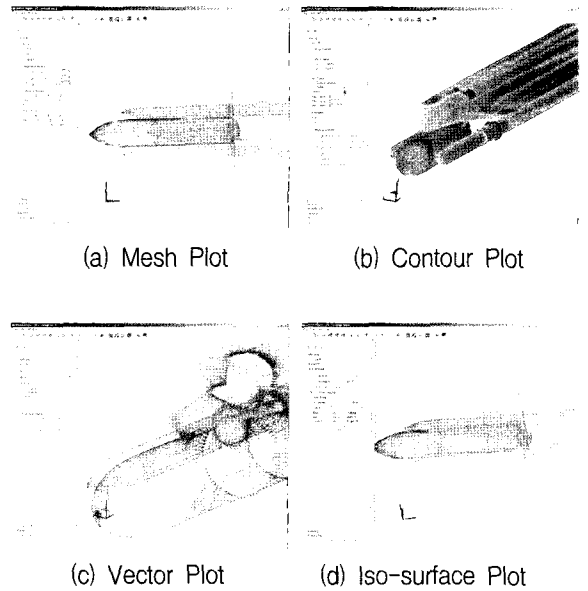
가. 후처리 프로그램(DAVA)

전산유체역학 분야에서 많이 사용하는 표준 데이터 파일 형태인 TECPLOT과 PLOT3D 형식을 포함한 ASCII 형식의 3차원 데이터를 입력하여 데이터가시화를 할 수 있는 3차원 후처리 프로그램을 자체 개발하였다^[1].

이 프로그램의 주요 기능은 유동장 계산 결과 데이터를 입력 받아서, 유동 변수의 전체적 분포 특성이나 특정 부분의 계산 결과 분석 등에 활용할 수 있고, 추후 기능 보강에 따라 유동 이미지나 동영상 제작에 활용할 수 있다. DAVA(Data Visualization and Analysis)로 명명한 본 프로그램의 주요 기능을 그림으로 살펴보면 그림 1과 같다.

나. 입체 영상 기법

사람이 물체를 볼 때 입체감을 느낄 수 있는 이유는 두 눈이 어느 정도 간격으로 떨어져 있어서 발생되는 양안시차에 의한 것이다. 이 두 눈은 서로 다른 2차원 상을 보게 되지만 이 상을 뇌에서 적절히 합성하여 입체감을 느낄 수 있는 것이다. 이 점을 이용하여 실제 두 눈에서 이루어지는 현상들을 적절히 조합하여 2차원 영상을 3차원으로 재생하는 것이 Stereo 입체 영상이다^[2].



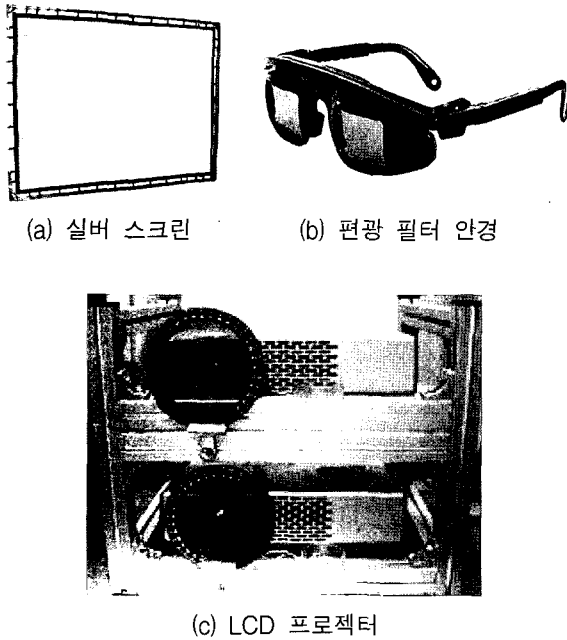
[그림 1] 후처리 프로그램의 주요 기능

[표 1] Stereo 입체 영상 방식

안경 사용 방식	안경 비 사용 방식
편광 안경 농도차 방식	렌티큘라 렌즈 방식 홀로그래피
적경 안경(애너글리프) LCD-monitor 안경	Parallex Barrier 방식

Stereo 입체 영상을 만드는 방식은 표 1처럼 분류할 수 있다.

본 연구의 자체 개발 시스템에서는 저렴하면서도 가장 입체효과가 잘 나타나는 편광 안경 방식을 채택하여 시스템을 구축하였다. 시스템을 구성한 장비들은 그림 2와 같다. 사용된 구성품으로는 표면이 은막 처리가 되어있어 편광 필터를 거친 가시광선의 진동 방향이 스크린에서 반사될 때 난반사되는 것을 막아주는 실버스크린(a)과 좌안과 우안에 각각 서로 직각 방향으로 진동하는 두 가지 영상의 가시광선을 선택적으로 볼 수 있게 해주는 편광 필터 안경(b), 그리고 컴퓨터에서 생성된 두 가지 영상을 실버 스크린에 동시에 뿌려주기 위한 두 개의 LCD 프로젝터(c)로 구성되어 있다. 이 두 LCD 프로젝터의 투영 렌즈 앞



[그림 2] 입체영상 시스템

에는 각각의 영상을 서로 직각 방향으로 필터링하기 위한 편광 필터를 설치하였다. 특히 입체 영상 구현을 위한 전용 시스템의 경우 매우 고가의 프로젝터를 사용하기도 하지만, 본 연구에서는 일반적으로 강의실 등에서 사용하는 프로젝터로 시스템을 구성하였고 따라서 저렴한 비용으로 시스템 구축이 가능함을 확인하였다.

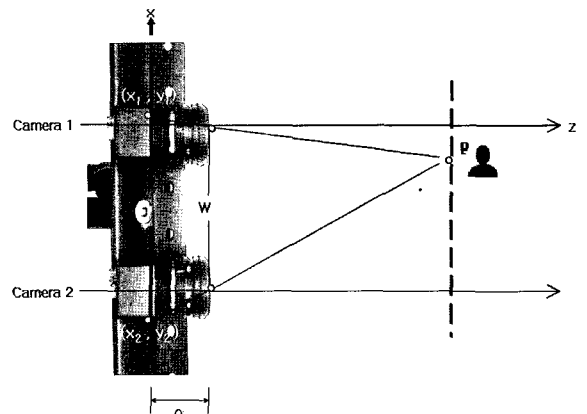
3차원 데이터 후처리 프로그램(DAVA)의 가시화 내용을 신체의 눈에서 얻는 영상과 같이 그래픽적으로 처리한 좌우 영상은 각각 상, 하 프로젝터에 의해 실버 스크린에 뿌려진다(Passive 방식). 이 때 영상들은 편광 필터에 의해 각각 가로, 세로 방향으로 편광이 되고 이 영상을 편광안경을 통해서 보면 왼쪽 눈에는 왼쪽 영상, 오른쪽 눈에는 오른쪽 영상만 보이게 되어 사용자는 실제 3차원 장면을 보는 것처럼 입체감을 느낄 수 있다.

다. 위치 추적 시스템

일반적으로 컴퓨터 모니터에서 출력되는 화면은 사용자의 위치에 상관없이 고정되어 있다. 본 연구에서는 이를 보완하기 위하여 사용자의 위치를 파악한 후

3차원 데이터 후처리 프로그램에 반영하기 위하여 위치추적 시스템을 구현하였다.

위치추적 시스템은 인간의 눈이 양안 시차에 의해 물체의 거리 및 입체감을 인식하는 원리를 이용하였다. 우선 인간의 눈의 거리 차에 해당하는 위치에 장착된 두 대의 CCD카메라에 각각 영상이 입력된다. 사용된 CCD 카메라는 캐나다의 Point Grey사의 IEEE1394 카메라 제품인 Flea 카메라 2대를 연동하여 영상 처리가 되도록 구현하였다^[3]. 각각의 영상 데이터는 영상처리에 의해 위치추적 할 대상물체를 인식하고 그 중앙의 좌표를 찾아내게 된다. 각 영상 내에서 대상물체의 중심좌표(왼쪽 카메라영상에서의 중심 좌표 : x_1, y_1 오른쪽 카메라에서의 중심 좌표 : x_2, y_2)들과 좌표 및 거리 산출 식에 의해 실제 좌표(X, Y, Z)를 얻어낼 수 있다. 대상물체의 움직임과 그 좌표는 스테레오카메라에 의해 위치추적(position tracking)이 되어 계속적으로 계산된 실제좌표를 피드백 하여 DAVA에 반영하도록 구현하였다. 위치를 추적하는 시스템의 구조는 그림 3과 같다.



[그림 3] 위치 추적 시스템의 구조

여기서, 각 변수들은 다음과 같다.

- (x_1, y_1) : 좌측 카메라 영상 데이터를 통한 좌표
- (x_2, y_2) : 우측 카메라 영상 데이터를 통한 좌표
- W : 카메라간의 간격
- P : 대상물체
- α : 초점거리

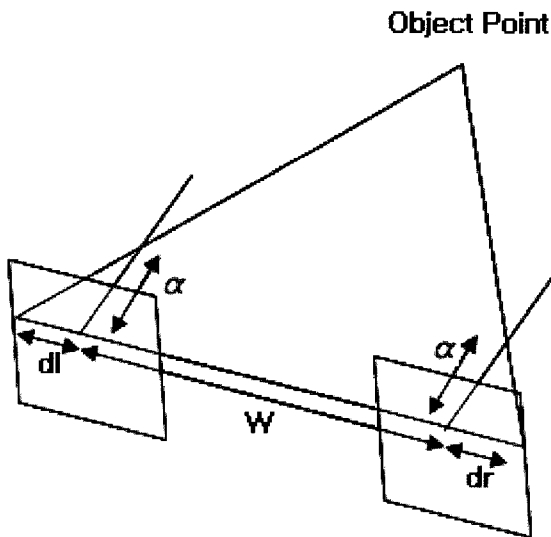
이처럼 좌, 우 영상에서 획득한 데이터를 아래 수식에 이용하여 실제 X(좌, 우 위치), Y(상, 하 위치) 좌표 및 거리(Z)를 산출 할 수 있다.

$$X_1 = \frac{x_1}{\alpha} (\alpha - Z_1) , X_2 = \frac{x_2}{\alpha} (\alpha - Z_2)$$

$$X_2 = X_1 + W \quad , \quad Z = \alpha - \frac{\alpha W}{x_2 - x_1}$$

$$Y = \frac{(Z - \alpha)}{\alpha} y_1 = \frac{(Z - \alpha)}{\alpha} y_2$$

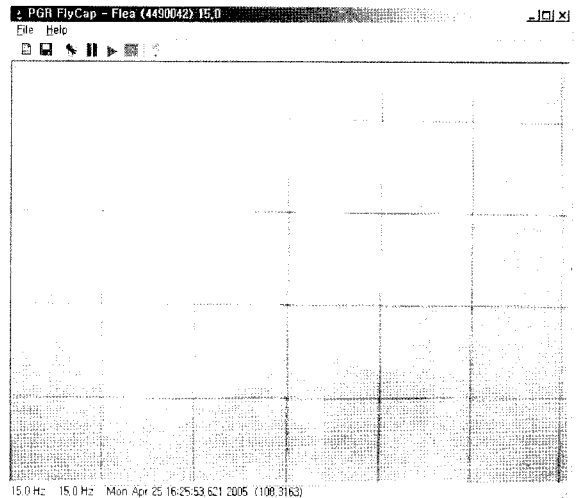
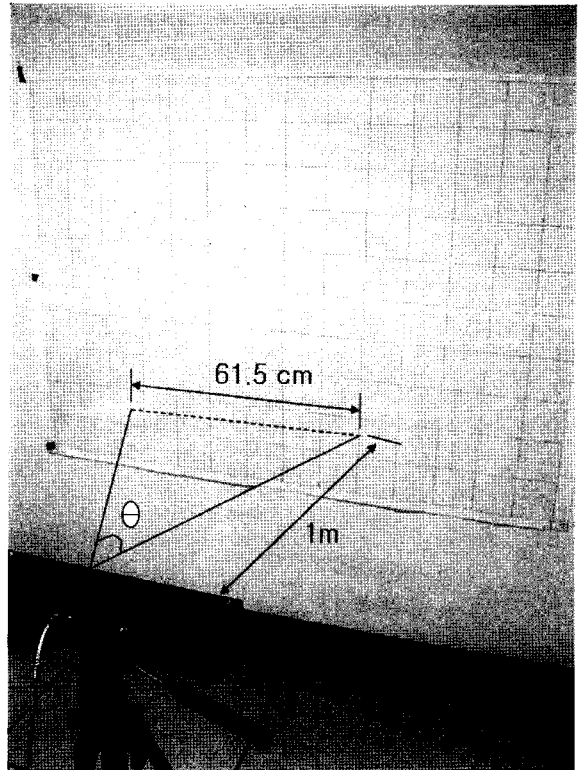
위에서 구한 거리를 이용하여 실제 물체까지의 거리를 측정할 수 있다^[4].



[그림 4] 실제 물체 거리 계산

$$\text{거리}(Z) = \frac{W \cdot \alpha}{dl - dr}$$

실제 거리를 계산하기 위해서는 레퍼런스 정보를 만드는 것이 필요하다. 레퍼런스는 카메라로부터 대상 물체가 1m 떨어진 거리에서 입력받은 화상의 픽셀 당 실제 길이를 계산함으로써 얻어낼 수 있다. 그림 5에서처럼 카메라에 입력된 640×480pixel의 화면상에서 수평(1~640pixel)으로 측정된 실제길이는 61.5cm이었다. 1pixel당 실제 길이는 61.5/640 = 0.096cm임을 알 수 있었다.



[그림 5] 1m에서의 실제길이 측정

라. 마커의 사용

앞에서 설명한 양안 시차를 이용한 대상 물체 거리 계산은 취득된 영상에서 대상 물체(사용자)의 판별을 전제로 하고 있다. 그러나, 일반적으로 카메라에 잡힌

전체 영상에서 사람, 즉 사용자의 영상을 배경이나 주변 영상으로부터 판별하는 것 자체가 매우 복잡하고도 까다로운 작업에 해당한다. 궁극적으로 본 연구가 지향하고 있는 최종 목표는 일반적인 환경에서 사용자가 특수한 표식을 달지 않더라도 별 문제없이 카메라 영상에서 인식되고 위치 계산이 되도록 구현하는 것이지만, 현 단계에서는 영상 처리 작업은 판별

이 비교적 용이한 흑백 패턴인식의 영상처리를 통해 마커를 인식하여 해결하도록 하였다. 즉, 흑백 동심원으로 구성된 마커를 사용자가 부착함으로써 마커의 위치를 사용자의 위치라고 가정하여 계산하도록 하는 것이다. 다음의 그림 6에서는 본 연구에서 사용된 마커를 복잡한 주변 환경에서 서로 다른 위치에 놓았을 때 본 연구에서 개발한 위치 추적 프로그램에 의해서 마커의 위치가 정확히 계산되고 있는 예를 보여주고 있다.

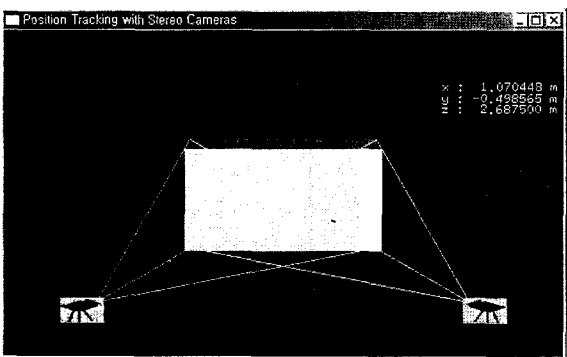
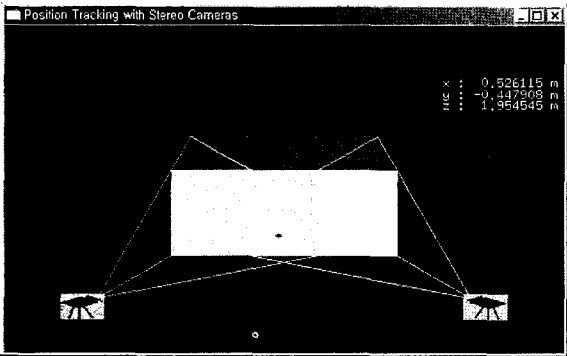
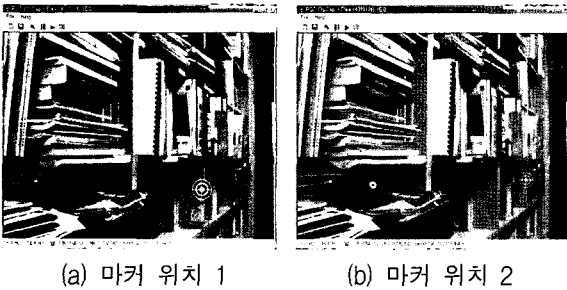
그림 6의 (a)와 (b)는 서로 다른 위치의 마커에 대한 카메라에 잡힌 영상을 보여주고 있고, (c)와 (d)는 위치 추적 시스템을 후처리 프로그램 DAVA와 연동하기 전 실험적으로 구현한 프로그램을 통해 마커 위치추적 성능을 확인하고 계산된 좌표를 화면 오른쪽 상단에 나타내어 실제 좌표와 비교한 결과를 보여주고 있다.

본 연구에서는 이러한 마커를 사용자의 편광 안경 위에 부착함으로써 사용자의 머리 위치와 움직임을 마커가 대체할 수 있도록 활용하였다.

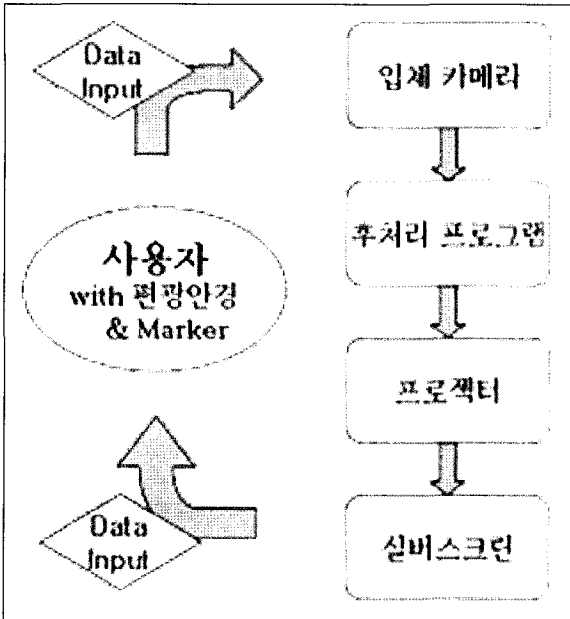
마. 시스템의 적용

그림 7에서와 같이 사용자 앞에 있는 스테레오 카메라가 사용자의 실시간 영상을 취득하여 영상 처리로 각 영상의 중심 좌표를 전달하면, 위의 알고리즘에 따라 사용자의 위치 및 움직임을 계산하여 그 결과는 3차원 데이터 후처리 프로그램에 피드백되고, 이에 따라 사용자의 눈에 보이는 후처리 프로그램 영상은 사용자의 시점(위치와 거리 등)에 따라 재처리되어 좌우 영상이 준비되고, 입체 영상 시스템은 그 결과를 실버스크린에 투영한다.

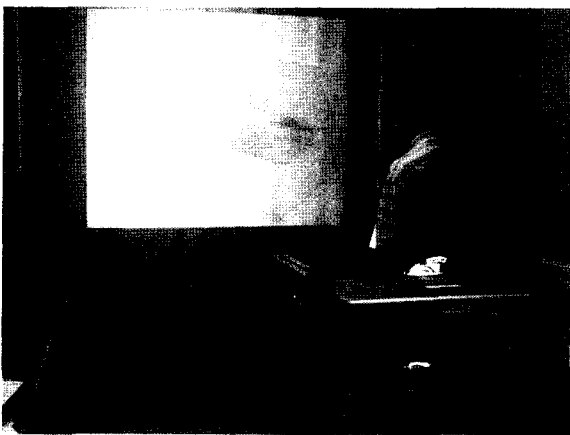
실제좌표가 전달 될 후처리프로그램(DAVA)의 가시화 부분은 graphic library인 OpenGL로 구현 되어 있다. OpenGL의 함수 중, gluLookAt()함수는 관측 변환(viewing transformation) 함수로서 대상물체에 대해서 관측자의 시점좌표와 관측자가 바라보는 방향과 위치좌표를 정의하는 함수이다. 이 함수의 관측자 시점좌표인자로서 앞서 계산한 실제좌표를 대입하게 된다. 계산된 실제좌표의 변화는 DAVA의 그래픽 처리 부분에서도 동일하게 적용되어 DAVA의 그래픽상 시점좌표에 변화를 주어 실제 관찰자의 움직임에



[그림 6] 마커의 사용과 위치 추적 결과



(a) 시스템 구성 및 흐름도



(b) 적용 예

[그림 7] 시스템의 구성과 적용

따라 다양한 시점에서 3D 데이터를 분석할 수 있게 된다.

계산에 의한 좌표 값과 실제 측정치는 약 0.2%의 오차가 있었으나 마커가 부착된 편광안경을 쓴 관찰자의 거리 및 위치 변화에 적절히 피드백 하여 관찰자가 입체적으로 3D 데이터를 분석하는 데에는 전혀

지장이 없었다. 하지만 3D 데이터를 분석함에 있어서 카메라가 마커를 추적하는 범위가 카메라의 화면 안으로 정해져있어 마커가 이 범위 밖으로 벗어나는 경우, 대상체 분석이 이루어 질 수 없다는 한계점을 발견할 수 있었다. 이는 마우스나 키보드 등 또 다른 입력을 통해 3D 데이터를 회전시키거나 이동시키는 등 개선점을 찾아야할 것으로 보인다.

3. 맺음말

본 연구에서는 스테레오 카메라를 이용하여 3차원 데이터 후처리 프로그램을 제어 하는 연구를 수행 하였다. 분석해야 할 후처리 대상 데이터의 규모나 복잡성이 계속 증가하고 있는 상황에서 입체적 가시화 기법은 연구자나 엔지니어들에게는 점점 필요한 선택이 되어 가고 있다. 이것은 공학적 데이터의 입체적 가시화의 방향이 프로젝션 기반의 가상현실에 만족하지 않고, 상호 작용과 실존 및 몰입감 등이 포함된 총체적인 가상현실기법의 시스템을 필요로 하는 이유를 설명해 주는 것이다. 이에 사용자의 위치를 알 수 있는 위치 추적 시스템과, 입체 영상 시스템을 구축하여 보다 현실성 있게 3차원 데이터를 가시화 할 수 있었다. 이는 저비용으로 고효율의 3차원 데이터 후처리 프로그램의 구현 가능성을 제시하였고, 전산유체 분야 이외의 다른 산업 현장에서도 적용할 수 있도록 발전할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 나정수, 김기영, 김병수, “객체지향 개념을 반영한 유동해석 후처리 프로그램에 대한 연구”, 한국전산유체공학회지, 제9권 제2호, pp.1~10, 2004.
- [2] Vera B. Anand, “Computer Graphics & Geometric Modeling for Engineers”, 1992.
- [3] <http://ptgrey.com/products/index.asp>
- [4] 박종일, “C언어로 배우는 실천 영상 처리”, 성안당, 2003.