

증강현실을 이용한 유체 시뮬레이션

임선동
 상명대학교 디지털미디어학부
 e-mail:lsd6601@naver.com

Fluid Simulation using Augmented Reality

Sun-Dong Lim
 Dept of Digital Media Technology, Sang-myung University

요 약

현재 증강현실은 산업, 상업, 게임, 의료, 제조, 모바일, 건축뿐만아니라 교육까지 매우 광범위하게 사용되고 있다. 본 논문에서는 증강현실을 위한 라이브러리인 ARToolkit을 이용하여 Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 방법을 적용한 유체 시뮬레이션을 증강현실에 적용하였다. 유체 시뮬레이션을 증강현실로 구현함으로써 OpenGL로만 구현하였을 때보다 유체 시뮬레이션의 흐름을 보다 쉽게 파악할 수 있다.

1. 서론

컴퓨터 그래픽스와 카메라를 통한 영상처리 기술이 발달함에 따라 이제 주변에서는 쉽게 증강현실을 경험할 수 있다. TV 광고에서 혹은 스마트폰을 통해서 등 증강현실이 광범위하게 사용되고 있다[1][2]. 현재 증강현실을 구현하기 위해서는 ARToolkit, Unifeye, Junaio, Wikitude 등의 라이브러리를 이용하거나 OpenCV와 OpenGL을 이용하여 직접 구현하는 방법이 있다. 본 논문에서는 유체 시뮬레이션을 증강현실에 띄우는 것을 목적으로 하였으므로 가장 간단하게 사용할 수 있는 ARToolkit을 사용하였다[3]. 유체 시뮬레이션 구현에는 물리 기반 그래픽스 기술 중 가장 널리 쓰이는 SPH 방법을 적용하여 유체를 입자 단위로 표현하여 나타내었다[4][5]. 유체 시뮬레이션을 증강현실로 나타냄으로써 시각적으로 보다 쉽게 흐름을 파악할 수 있다.

본 논문은 아래와 같이 구성된다. 2장에서는 ARToolkit에 대한 간단한 소개를 하고, 3장에서는 유체 시뮬레이션에 대한 간단한 소개를 한다. 4장에서는 유체 시뮬레이션에 증강현실을 적용하는 방법과 결과를 보고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. ARToolkit

ARToolkit은 증강현실을 구현하기 위해 필요한 라이브러리이다. 패턴을 기반으로 패턴 위에 OpenGL을 이용한 3D 객체를 간단한 방법으로 띄울 수 있다. [3]의 홈페이지에서 ARToolkit을 다운받고 기본적인 기능을 익힐 수 있다. ARToolkit의 장점은 간단한 네모상자 패턴을 이용해서 패턴의 위치를 추적하여 물체를 쉽게 나타낼 수 있고,

증강시킬 물체의 수정이 OpenGL을 통해 이루어진다는 점이다. 또한 멀티마커를 이용하여 각각 다른 물체를 띄우는 것 또한 가능하다.

3. 유체 시뮬레이션

본 논문에서는 Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 방법을 사용하여 유체 시뮬레이션을 구현하였다. SPH는 천체 물리학 분야에서 발전된 기법으로 유체를 작은 입자 단위로 나누어서 표현하는 방법이다. SPH는 방사형으로 대칭인 smoothing 커널을 이용하여 각각의 입자 근처의 필드값을 보간한다. SPH에 따르면 r 위치에서 스칼라 필드 값 A 는 커널 반지름 h 영역내의 모든 입자의 커널 값의 가중 합에 의해 보간하여 구해진다. 식 (1)은 SPH를 이용하여 입자의 스칼라 값 A 를 근사계산하는 식이다.

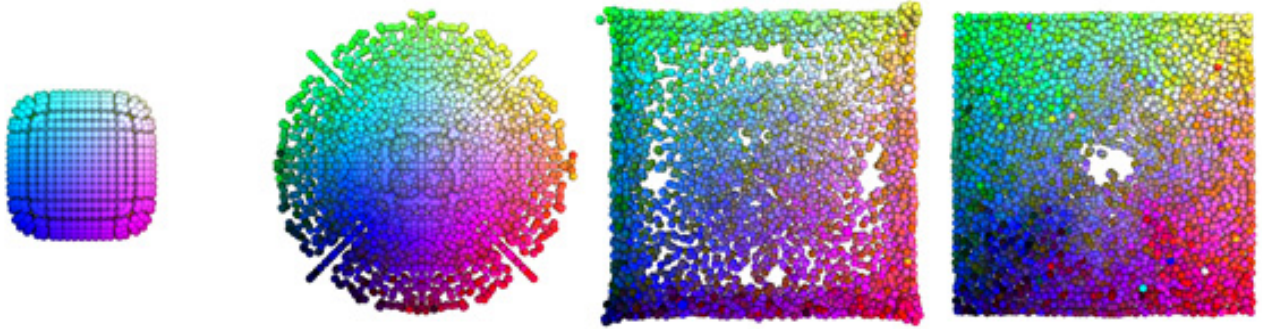
$$A_s(r) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} W(r-r_j, h) \quad (1)$$

$$\int W(r) dr = 1 \quad (2)$$

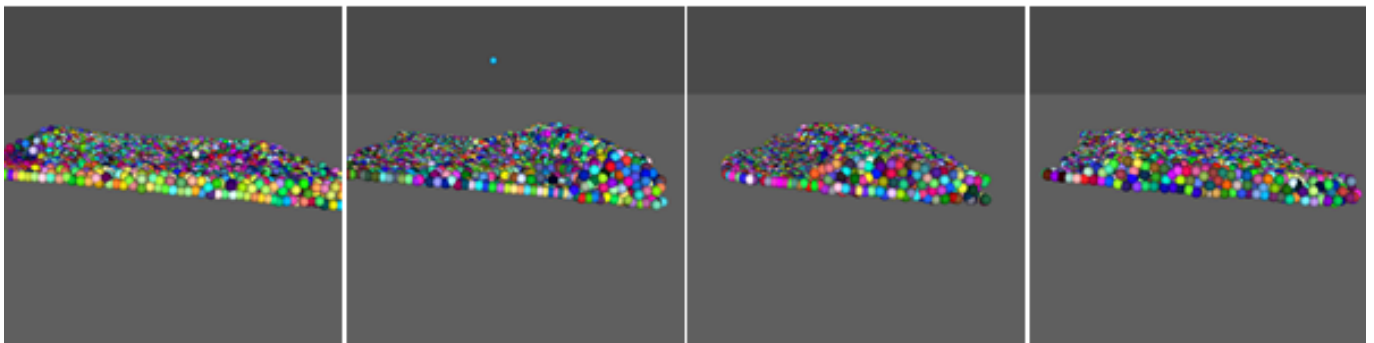
커널 함수 W 는 식(1)을 따르도록 정규화 되어 있으며, 본 논문에서는 [4]에서 제안한 식 (3)과 같은 커널을 사용하였다.

$$W_{poly6}(r, h) = \frac{315}{64\pi h^9} \begin{cases} (h^2 - r^2)^3 & 0 \leq r \leq h \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

[그림 1][그림 2]는 SPH 방법을 적용하여 OpenGL로 유체 시뮬레이션을 나타낸 것이다. [그림 1]은 정해진 정사각형 공간안에 유체를 떨어뜨렸을 때의 시뮬레이션이고,



(그림 1) OpenGL을 이용한 정해진 공간에 유체를 떨어뜨렸을 때의 유체 시뮬레이션



(그림 2) OpenGL을 이용한 기울임과 파도효과를 준 유체 시뮬레이션

[그림 2]는 약간의 기울임과 파도효과를 준 유체 시뮬레이션이다.

4. 증강현실을 이용한 유체 시뮬레이션

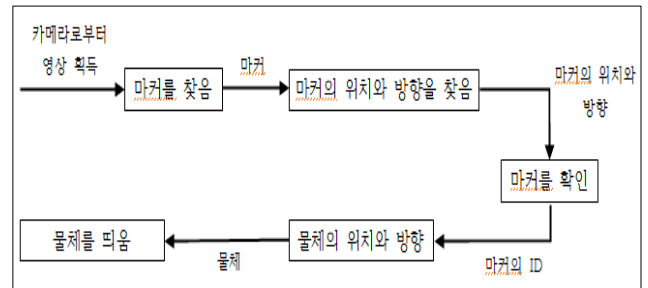
유체 시뮬레이션을 증강현실에 적용하기 위해 ARToolkit의 기본적인 증강현실 프로그램이 어떻게 구현이 되는지 알아야 한다. 유체 시뮬레이션에 증강현실을 적용하기 위해서는 크게 다섯 가지가 중요하다. 첫 번째는 기존의 유체 시뮬레이션은 OpenGL 라이브러리를 사용하지만, 증강현실을 적용할 경우 ARToolkit의 라이브러리를 사용해야 한다는 점이다. 따라서 기본적으로 ARToolkit 관련 헤더파일들을 프로젝트에 포함해야 한다. 또한 OpenGL에서 사용하던 `glutKeyboardFunc`, `glutMouseFunc`, `glutMainLoop` 와 같은 함수들은 `argMainLoop`라는 함수를 이용해서 호출해야 한다. 다른 예로는 `glutSwapBuffers`의 기능 역시 `argSwapBuffers`를 사용해야 한다.

두 번째는 증강현실에서는 실제 카메라를 사용하여 들어오는 영상을 기반으로 물체를 띄우는 것이기 때문에 OpenGL에서 사용한 가상 카메라의 위치나 보는 방향 같은 변수들을 설정할 필요가 없다. 또한 OpenGL을 통해 띄우는 물체를 제외한 다른 부분은 모두 카메라를 통해 얻은 영상이므로, 배경을 지정한다거나 하는 작업 또한 필요가 없다.

세 번째는 영상을 띄우는 절차가 다르다는 것이다.

OpenGL은 `glutMainLoop`에서 `display` 함수를 계속 호출하여 영상을 만들어낸다. 하지만 ARToolkit을 이용하므로 `display` 함수로 물체를 만드는 것 외에도 다른 작업들이 필요하다. [그림 3]과 같이 `arVideoGetImage`를 통해 카메라 영상을 얻고, `arDetectMarker`를 통해 그 영상에서 마커를 찾고, `arGetTransMat`를 통해 마커의 좌표를 찾고, `display`를 통해 마커와 맵핑된 물체를 띄우는 과정을 반복해야 한다. 따라서 증강현실에서는 OpenGL의 `display` 기능은 카메라 영상을 얻고, 그 영상에서 마커를 찾고 마커의 좌표를 찾는 과정까지 다 한 후에 수행되어야 한다.

네 번째는 `display` 함수 내에서 이루어져야 할 일이다. 현재 영상은 카메라가 (0,0,0)으로 좌표가 되어있다. 하지만 마커 위에 물체를 띄워야 하므로 마커의 정 중앙이 (0,0,0)이 되도록 해주어야 한다. 이를 위해 위의 세 번째 과정에서 `arGetTransMat`을 통해 얻어진 행렬을 띄워진



(그림 3) ARToolkit의 물체 띄우는 과정



(그림 4) 증강현실을 이용한 정해진 공간에 유체를 떨어뜨렸을 때의 유체 시뮬레이션



(그림 5) 증강현실을 이용한 기울임과 파도효과를 준 유체 시뮬레이션

물체에 곱해주는 과정이 들어가야한다. 이를 위한 함수가 $glLoadMatrixd$ 이다. 물론 물체를 마커가 아닌 다른 곳에

떨우고 싶다면 이동행렬을 곱해주어 처리해주면 된다. 마지막은 좌표계를 신경써야 한다. [3]에 나와있듯이

카메라의 좌표계와 마커의 좌표계가 다르기 때문에 물체를 그냥 띄울 시 물체가 옆으로 누워있게 된다. 따라서 이 문제를 해결해 주기 위해서 OpenGL의 회전기능을 사용해주어야 한다.

[그림 4]과 [그림 5]는 위와 같은 수정을 거쳐 유체 시뮬레이션을 증강현실로 구현한 결과이다. [그림 4]은 정해진 정사각형 공간안에 유체를 떨어뜨렸을 때의 시뮬레이션이고, [그림 5]는 약간의 기울임과 파도효과를 준 유체 시뮬레이션이다.

증강현실을 이용할 경우 물체가 띄워지는 부분 외에는 카메라를 통해 얻어진 그대로의 영상이다. 반면에 물체가 띄워지는 부분은 모두 OpenGL을 통해 수정이 가능하므로 조명효과나 재질효과를 주는 것 또한 가능하다.

5. 결론

본 논문에서는 유체 시뮬레이션을 증강현실로 구현하는 방법을 제시하였다. 기존의 OpenGL만으로 구현된 유체 시뮬레이션을 증강현실로 구현함으로써 시각적으로 유체의 흐름을 더욱 원활하게 관찰할 수 있다. 향후 다른 마커나 손 등을 인식하여 유체와의 상호작용에 대한 기능을 추가한다면 유체의 흐름을 더욱 명확히 파악 가능할 것이다.

참고문헌

- [1]R. Azuma, Y.baillot, R.Behringer, S.Feiner, S.Julier "Recent Advanced in Augmented Reality", Computers & Graphics, November 2001
- [2]<http://martinblog.tistory.com/te/4>
- [3]<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [4]M. Müller, D. Charypar, M. Gross, "Particle-based fluid simulation for interactive application," Symposium on Computer Animation, pp, 154-159, 2003.
- [5]http://en.wikipedia.org/wiki/Smoothed-particle_hydrodynamics