

햅틱 마우스 기반 버블포핑 증강현실

이우근, 정다운, 장성은, 김만배
강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신공학과
manbae@kangwon.ac.kr

Bubble Popping Augmented Reality using Haptic Mouse

Wookeun Lee, Daun Jeong, Seong Eun Jang, and Manbae Kim

Dept. of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University

요약

본 논문에서는 버블포핑을 구현하는 증강현실 기법을 제안한다. 제안 기법은 진동촉각햅틱 마우스, 비디오 입력용 웹캠, 마커 패턴 영상, 그래픽 구 버블 객체, 그래픽 마우스 등으로 구성된다. 마우스의 이동에 따라 그래픽 마우스가 3차원 공간상에서 이동하면서 버블과의 충돌이 발생하게 되면, 충돌시 발생하는 버블의 이벤트로 fade-out과 diverge and fade-out의 버블 효과를 구현한다. 제안 시스템은 ARToolkit 및 OpenGL을 기반으로 제작되었으며, 시각적인 마커 기반 시스템으로 버블의 움직임과 사용자의 인터랙션을 통해, 버블 포핑의 증강현실을 전달한다.

1. 서론

최근 가상/증강현실 기술의 발전으로 사용자에게 몰입감 있는 콘텐츠를 제공하는 여러 시스템들이 제안되고 있다 [1-5]. 증강현실은 엔터테인먼트, 게임, 교육 분야의 다양한 분야에서 구현되고 있는데, 본 논문에서는 증강현실 효과를 전달하는 버블 포핑(popping) 시스템을 진동촉각 공간마우스 기반으로 제작한다. 제안 시스템은 진동촉각마우스, 비디오 입력용 웹캠, 마커 패턴 영상, 그래픽 구 버블 객체, 그래픽 마우스 등으로 구성된다. 일반 마우스의 이동에 따라 그래픽 마우스가 3차원 공간상에서 이동하면서 버블과의 충돌이 발생하게 되면, 충돌 시 발생하는 버블의 이벤트로 fade-out과 diverge and fade-out 방법을 제안한다. 제안 시스템은 ARToolkit을 기반으로 제작되었으며 [6], 시각적인 마커 기반 시스템으로 버블의 움직임과 사용자의 인터랙션을 통해, 사용자가 버블의 증강현실을 느끼게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제안 시스템 구조는 2절에서 소개된다. 3절에서는 버블 포핑 이벤트 구현 방법을 설명하고, 실험결과는 4절에서 정리한다. 마지막으로 결론 및 향후 연구는 5절에서 정리한다.

2. 제안 방법의 블록도

기본적으로 ARToolKit 소프트웨어를 기반으로 제작된다. 먼저 USB 캡으로부터 비디오 프레임을 입력 받고 마커패턴의 위치를 설정한다. 버블을 그래픽으로 구현하기 위하여 구(sphere)를 생성하였으며 여러 개의 버블을 제작하였다. 3차원 공간상의 마우스는 진동촉각 공간 마우스를 사용하여 Control 하게 된다. 3차원 공간상에서 마우스와 버블과의 충돌이 발생하면 색 변경, 버블의 fade-out과 diverge and fade-out 등의 버블이벤트를 구현하였다. 또 진동촉각 공간마우스를 통해 피드백을 주어 사용자에게

진동을 주는 좀 더 실감나는 증강현실 시스템을 제안하였다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 전체 블록도를 보여준다.

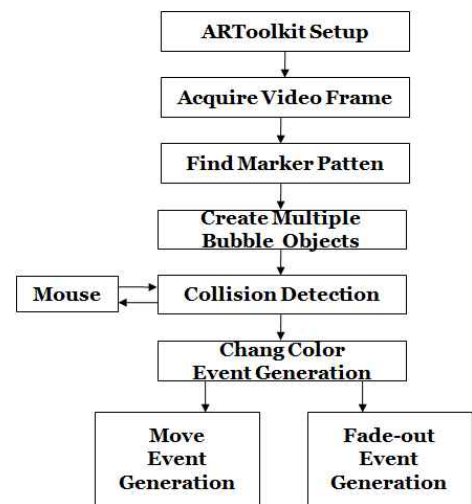


그림 1. 버블포핑 증강현실시스템 블록도

3. 제안 기법

가. 진동촉각 공간 마우스

진동촉각 공간 마우스는 블루투스 무선통신을 사용하여 시스템과 마우스간의 통신이 이루어진다. 진동촉각 공간 마우스는 각 센서를 이용하여 공간상에서 마우스의 좌표를 생성하게 되고 시스템은 이 좌표를 받아 그래픽마우스에 적용하게 된다.

제안시스템과 마우스는 통신시 서로 다른 크기의 Byte 데이터를 사용한다. 시스템은 마우스로부터 8byte를 수신하여 X,Y 좌표, 마우스 클릭이벤트를 알아낸다. 또 마우스는 12byte의 데이터를 시스템으로부터 수신하여 부착된 텍타일에 진동을 on/off 한다.

마우스로부터 수신하는 8byte의 0,1번째 바이트는 Check sum

데이터, 2-5번째 바이트는 마우스의 X,Y좌표 데이터, 6번째 byte는 마우스 좌,우 클릭 데이터를 가지고 있다. 7번째 바이트는 사용하지 않는다. 표 1은 이를 보여준다.

7	6	5	4	3	2	1	0
x	Right, left Button	Y Axis low 8bit	Y Axis high 8bit	X Axis low 8bit	X Axis high 8bit	Check sum	Check sum

표 1. 8byte의 마우스정보 데이터

시스템으로부터 마우스가 수신하는 12byte의 데이터는 0,1번째 byte를 Check sum으로 사용하고 6-11번째까지의 6개의 byte를 마우스에 부착된 각 텍타일에 사용될 데이터를 가지고 있다. 표 2는 이를 보여준다.

11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
T	T	T	T	T	T	N	N	On/Off	N	CS	CS

표 2. 12byte의 진동 데이터

그림 2는 제안 시스템에서 사용한 진동촉각공간 마우스를 보여준다.



그림 2. 진동촉각공간 마우스

제안시스템에서 Collision Detection하게 되면 시스템은 진동촉각공간마우스에게 피드백을 주어 마우스에 부착된 6개의 텍타일(그림 2.)을 통해 사용자에게 진동을 주게 된다.

흔히 사용하는 키보드나 일반 마우스가 아닌 장치를 통해 좀더 몰입감 있고 실감나는 시스템을 제안하였다.

나. Collision Detection 알고리즘

3차원공간에서 두 구의 충돌 검출 알고리즘은 구의 중심점 간의 거리를 통하여 구할 수 있다. 구의 경우 어느 방향에서 충돌하여도 거리가 반드시 두 구의 반지름의 합이다. 이를 정리하면 다음과 같다: 버블 구의 중심이 (x_0, y_0, z_0) 이고 반경 R_0 이고, 마우스 구의 중심이 (x_1, y_1, z_1) 이고 R_1 인 경우 두 중심사이의 거리 d 는 다음 식 (1)과 같이 계산된다.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2} \quad (1)$$

따라서, 두 구간의 충돌은 $d \leq (R_0 + R_1)$ 조건을 만족하면 TRUE이다.

다. 버블 이벤트

두 구가 충돌되었을 때 객체간의 완전 소성 충돌이 일어나 객체가 튕겨져 나가게 된다. 이때 가감속 알고리즘을 적용하여 튕겨져 나가는 객체는 속도가 점차 줄어들게 된다. 충돌 시 마우스객체와 버블사이의 단위 벡터를 구한다.

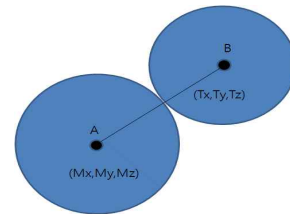


그림 3 . 충돌조건

그림 3에서 그래픽에서 프레임율이 15 fps이면, 각 프레임 당 이동거리 D_n 은 다음과 같다.

$$D_n = \sin\left(\left(\frac{90}{15} \cdot n\right)\pi\right) \cdot D \quad 0 < n \leq 15 \quad (2)$$

삼각형을 구성하는 3개의 정점과 정점의 순서를 구별을 하기위한 인덱스 값으로 이루어진 리스트(list)를 구성한다. 구는 점진적으로 사라지는 fade-out과 발산하면서 사라지는 diverge and fade-out의 두가지 포폴 이벤트를 구현한다.

버블 fade-out은 시간축으로 삼각형 메시가 랜덤하게 사라진다. 삼각형의 전체 개수를 N, F 는 프레임 번호 ($F \geq 1$), 사라지는 비율은 r 이면, 사라지는 삼각형의 개수 N' 은 식 (3)과 같다.

$$N' = r \cdot F \cdot N \quad (3)$$

삼각형 개수에서 N' 만큼 랜덤 선택하여 삭제한다.

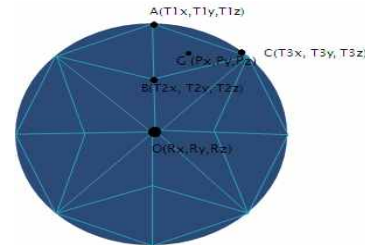


그림 4 .삼각형의 법선벡터 계산

버블 diverge and fade-out 알고리즘은 다음과 같다:

- Step 1: 각 삼각형의 법선벡터를 구함
- Step 2: 법선벡터방향으로 삼각형을 이동함
- Step 3: 이동을 하면서, 삼각형의 크기를 스케일링함
- Step 4: 모든 삼각형이 사라지면 중단함.

삼각형의 중심을 구하고 그 중심과 구의 원점사이의 법선벡터를 구한다. 프레임마다 이 법선벡터 방향으로 이동시키며, 또한 스케일링하여 삼각형의 크기는 점차 작아지다가 사라진다. 삼각형 메시로 이루어진 구가 그림 2와 같을 때 삼각형 ABC의 중심 $G(P_x, P_y, P_z)$ 는 식 4를 사용한다.

$$\begin{aligned} P_x &= (A_x + B_x + C_x)/3 \\ P_y &= (A_y + B_y + C_y)/3 \\ P_z &= (A_z + B_z + C_z)/3 \end{aligned} \quad (4)$$

구의 중심 $O(R_x, R_y, R_z)$ 와 $G(P_x, P_y, P_z)$ 의 단위벡터는 식 (5)로 나타낸다..

$$\vec{OG} = \frac{1}{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}} (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z) \quad (5)$$

여기서 $\Delta X = P_x - R_x, \Delta Y = P_y - R_y, \Delta Z = P_z - R_z$ 이다.

삼각형 ABC는 벡터 OG 방향으로 이동한다. n번째 프레임에서의 이동거리 d_n 는 식 (6)과 같다.

$$d_n = k \cdot \left(\sum_{i=0}^{n-1} d_i \right) \cdot \overrightarrow{OG} \quad (6)$$

여기서 $d_0 = 1$ 이다. 삼각형이 법선벡터 방향으로 이동하는 속도가 크기가 작아지는 속도보다 항상 커야 하는데, 상수 k 로 조절할 수 있다.

그림 5는 diverge and fade-out 이벤트를 보여준다.

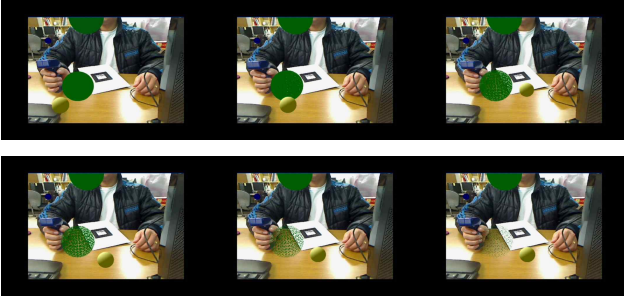


그림 5. diverge and fade-out 이벤트

노란색의 그래픽마우스를 진동촉각 마우스로 Control 하여 녹색의 버블과 충돌을 하게 되면 diverge and fade-out 이벤트가 일어나 포핑되는 모습(그림 5)을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 사용자와 인터랙션으로 버블의 이동과 포핑 기법을 활용한 증강현실의 콘텐츠를 제안하였다. 이 콘텐츠는 엔터테인먼트 및 교육용으로 활용이 가능하다. 버블 이벤트에서는 버블이 마우스와 충돌 시 점진적으로 사라지고, 또한 발산하면서 사라지는 그래픽 알고리즘을 제안하였다. 진동촉각공간마우스와 결합하여 보다 능동적이고 실감나는 증강현실 시스템의 구현 하였다.

감사의 글

본 연구는 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었고.. (NIPA-2010-(C1090-1011-0003)) 또한 교육과학기술부와 한국산업기술평진원의 지역혁신인력양성사업의 연구결과입니다.

참고 논문

- [1] K. Moustakas, et. al, "A geometry education haptic VR application based on a new virtual hand representation", Proc. of IEEE Virtual Reality, 2005.
- [2] L. Paolis and M. Pulimeno, "A simulation of a billiard game based on a marker detection", IEEE 2009.
- [3] F. Liarakapis, M. White, P. Lister, "Augmented reality interface toolkit", Proc. of

the Eighth International Conference on Information Visualization, 2004.

- [4] C. Kirner, et. al, "Case studies on the development of games using augmented reality", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Oct. 8-11, 2006.
- [5] 이준훈, 하태진, 류제하, 우운택, "디지로그 북 저작을 위한 펜형 햅틱 사용자인터페이스의 개발", HCI 학술대회, 2009.

[6]<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/>