

위치/방향 센서 및 진동촉각 장치를 이용한 입체 영상 기반 가상 현실 게임*

용호중¹, 백종원², 장대정³

강원대학교 대학원 통신멀티미디어공학과 휴먼인터페이스연구실^{1,2,3}
tt95k@hotmail.com¹, harukib@mail.kagnwon.ac.kr², jangtj@kangwon.ac.kr³

Stereo vision based virtual reality game using position/orientation sensors and vibrotactile device

Ho-joong Yong¹, Jong-won Back², Tae-Jeong Jang³
Human Interface Lab., Dept. of Multimedia and Communication Eng.,
Kangwon National University^{1,2,3}

요약

대부분의 입체 영상물은 단지 화면을 입체로 보여주는 것만이 목적이다. 그러나 만약 입체 영상으로 표현된 가상 물체를 손가락을 뺀어 실제로 만져볼 수 있다면 현실감은 더욱 증가할 것이다. 본 연구에서는 입체영상 장치로 만든 가상 비누방울들을 실제 자기 손가락으로 터뜨리는 듯한 느낌을 가질 수 있도록 해주는 가상 현실 게임 시스템을 만들었다. 이 때 두 개의 위치/방향 센서를 이용하여 손가락 끝과 머리의 움직임을 추적하여 가상 공간과 현실 공간의 두 좌표계를 서로 일치시켜 볼 수 있도록 하였으며, 자체 제작한 진동촉각 장치를 이용하여 비누방울을 터뜨릴 때 손가락에 약한 진동 촉감을 제공하여 실제로 자신이 비누방울을 터뜨리는 듯한 느낌을 갖도록 하였다. 이러한 시도를 통해 입체영상 기술을 이용한 가상현실 게임에서의 진동촉각 장치의 활용 가능성을 확인하였다.

Keyword : 입체 영상, 가상현실, 위치 및 방향 센서, 진동 촉각 장치

1. 서론

기존의 키보드나 터치패드, 마우스, 조이스틱, 데이터 글러브 등은 단순히 입력 장치로서 컴퓨터로부터의 정보를 사람에게 전달해줄 수는 없다. 이 중에서도 마우스나 조이스틱은 2 차원 입력 장치로서 3 차원 가상 공간 상에서의 원하는 위치를 입력하기에는 불편한 점이 많다. 데이터 글러브나 3 차원 공간 마우스와 같은 3 차원 입력 장치의 경우도 일반 모니터를 사용할 때 평면에 투영된 형태로 표현된 3 차원 가상 공간 상에서는 깊이감을 느끼기가 어려워 현실감이 떨어지고 어느 정도 연습 과정을 거쳐야만 원하는 입력을 수행할 수 있다. 만약 3 차원 입력 장치를 입체 영상 디스플레이

이와 함께 사용한다면 입체 영상의 현실감으로 인해 보다 수월하고 정확하게 3 차원 입력을 할 수 있을 것이다.

그러나 입체 영상 디스플레이를 갖추고 있다고 하더라도 입체 영상으로 표현된 가상 물체에 손가락 끝을 가까이 했을 때 실 공간에서의 손가락 끝의 위치와 가상 공간에서의 손가락 끝에 해당하는 점의 위치가 일치하지 않으면 자신의 손가락으로 직접 가상 공간 상의 원하는 점을 지적(pointing)할 수 없다. 따라서 가상 공간을 보다 실제 공간과 같이 느껴지게 하기 위해서는 사용자가 눈을 통해 입체 영상으로 보는 가상 공간과 사용자가 실제 존재하는 공간을 완벽하게 일치시키는 작업이 필요하다. 이를 위해서는 사용자의 이동에 의한 눈의 위치 변화까지 고려하여 실 공간과 가상 공간의 좌표계를 서로 일치시켜줄 필요가 있다.

* 본 연구는 정보통신부 선도기반기술개발사업(차세대 PC 기술 개발)의 지원으로 수행되었습니다.

이렇게 실 공간과 가상 공간을 일치시켜 사용자의 손가락으로 정확하게 가상 물체를 가리킬 수 있다고 하더라도 여전히 한 가지 문제는 남는다. 그것은 입체 영상으로 가상 공간 속에 구현된 가상 물체가 모양은 있으나 만질 수 없는 마치 유령과 같은 존재가 된다는 것이다. 이러한 문제를 해결하는 것이 햅틱 인터페이스 장치이다.

햅틱 인터페이스 장치에는 PHANTOM 과 같이 힘 되먹임이 가능한 장치와 진동촉각(vibrotactile) 장치처럼 촉감만을 느낄 수 있는 장치가 있다. 힘 되먹임이 가능한 장치는 현실감에서는 우수하지만 부피가 크고 많은 파워를 소모하며 제작에 많은 비용이 들기 때문에 사용이 제한적이며 특히 웨어러블 환경에서의 사용이 어렵다. 반면 진동촉각 장치는 사용자에게 촉감만을 느끼게 해주면 되므로 소형화, 저전력 소모형의 장치를 적은 비용으로 제작이 가능하다. 본 연구팀에서는 이러한 진동촉각 구동기 모듈을 구현한 바 있다.

본 연구에서는 입체 영상을 이용하면서 위에서 제기된 현실감 증가를 위한 방안들을 실제로 구현해 보고자 이에 적합한 입체 영상 기반 가상 현실 게임을 구상하여 보았다. 이 게임은 랜덤(random) 하게 움직이며 천천히 사용자를 향해 다가오는 다수의 비눗방울(bubble)을 사용자의 손 끝으로 건드려서 터뜨리는 간단한 형태인데, 실제 사용자의 손 끝과 입체 영상으로 구현된 가상 손가락 포인터가 사용자의 움직임에 관계없이 일치하며, 사용자가 손가락으로 가상 비눗방울을 터뜨릴 때 손가락에 약한 진동 자극을 주어 사용자로 하여금 실제 비눗방울을 터뜨리는 듯한 느낌을 가질 수 있도록 구현하였다. 사용자에게 촉감을 전달하기 위해서는 자체 제작한 손가락형 진동 촉감 제시 장치를 사용하였고, 공간상 물체의 위치와 방향 추적을 위해서는 POLHEMUS 사의 PATRIOT™ 라는 매그네틱형 위치 및 방향 센서를 이용하였다. 그리고, 입체영상 화면을 구성하기 위해 입체 영상을 지원하는 그래픽 카드와 입체 영상용 CRT 모니터, 이미터와 셔터글래스, 그리고 OpenInventor Library 등을 사용하였다.

2. 시스템의 구성

2-1 촉감 제시 장치

촉감 제시 장치는 전기 자극 촉각(electrotactile), 진동 자극 촉각(vibrotactile), 그리고 공기압 자극 촉각(pneumatic tactile) 장치 등 여러 가지 방법이 연구되어 왔다. 본 연구팀에서는 자기력을 이용하여 핀이 상하로 진동하면서 핀 끝으로 인체의 피부에 촉감을 전달해 주는 진동 촉각 모듈을 개발하였는데, 본 연구에서는 이 모듈을 사용하여 손가락 끝에 위치 및 방향 센서 모듈과 함께 착용할 수 있는 손가락 착용형 촉감 제시 장치를 제작하여 게임에 활용하였다. 게임의 속성상 촉감을 전달해주는 곳으로는 검지손가락 끝이 가장 적당한데, 손가락 끝 면적의 한계로 인해 1~3 개 정도의 핀만을 사용하여 진동을 생성하도록 하였다.

핀을 진동시키기 위해서는 촉감 제시 장치 외에 각 핀 모듈을 컨트롤 해 주는 제어 보드가 필요하다. 제어 보드는 본 연구 과정 전에 이미 자체 제작된 것으로 25 개의 핀을 독립적으로 구동할 수 있고 PC 와 유·무선 통신이 가능하다.

촉감의 구체적인 제시 방법에 대해서는 아직 modeling 단계에 있기 때문에 구체적인 내용은 생략하기로 하겠다. 다만 물방울이 터지는 느낌을 가능한 사실적으로 전달해야 하므로 여러 주파수의 신호로 촉감 장치를 진동시키고 손가락 끝으로 느낌을 비교해봄으로써 실제 비눗방울을 터뜨리는 것과 가장 유사하게 느껴지는 주파수를 선택하였다. 아래 그림 1 은 자체 제작한 촉감 제시 장치와 위치 및 방향 센서의 결합 모습이다. 위에 있는 것이 위치 및 방향 센서이고 아래에 있는 것이 진동 촉감 제시 장치이다.



그림 1. 촉감 제시 장치와 위치 및 방향 센서.

2-2 입체 영상

3 차원 입체영상이란 2 차원 평면 영상과 달리 깊이 및 공간 형상 정보를 동시에 제공하는 보다 사실적인 영상을 말한다. 3 차원 입체영상은 회화 기법에 쓰이는 원근법, 투시도법 등을 이용하여 평면에 입체감을 나타내는 요인들과 양안시차(Binocular Disparity) 효과를 더하여 2 차원 평면상에 3 차원 입체영상을 만드는 것이다. 양안시차는 사람의 두 눈이 가로로 평균 약 6.5cm 떨어져서 존재하기 때문에 나타나며 입체감의 중요한 요인이라 할 수 있다. 즉 한 사물에 대하여 두 눈은 좌·우측 각각이 서로 다른 2 차원 영상을 보게 되고, 두 영상은 뇌로 전달되어 합성 과정을 통해 원 사물의 깊이감과 실제감을 느끼는 3 차원 입체 영상으로 인식하게 된다. 이러한 3 차원 입체영상은 현장에서 실물을 보는 것과 같은 입장감, 사실감 및 가상 현실감 등을 제공하게 된다.

2-3 입체 영상 디스플레이 방식[1]

현재 보편적으로 사용되는 3 차원 입체 영상 디스플레이 방식은 안경방식과 무안경 방식이 있다. 안경 방식과 무안경 방식 둘 다 구현은 가능하지만 무안경 방식의 경우 특수한 안경을 착용하지 않고 맨눈으로도 입체 영상을 볼 수 있다는 장점이 있지만 이런 방식의 디스플레이에서는 눈의 위치를 이동할 수 있는 범위가 매우 좁아 위치와 방향 센서를 이용하여 눈의 위치를 알아내는 과정이 무의미하다는 단점이 있다. 그러나 안경 방식은 눈의 위치에 따라 영상이 반전되는 경우가 없을 뿐 아니라 방향 및 위치 센서를 안경에 부착하여 사용할 수 있으며, 이 센서를 이용하면 눈의 위치를 바꾸어도 가상 물체는 한 곳에 정지해 있는 것처럼 유지할 수 있다는 장점이 있다.

안경 방식으로는 많은 것들이 있지만 본 연구에서는 셔터 글래스(shutter glass) 방식을 사용하였다. 셔터 글래스 방식에서는 모니터에서 좌 영상 프레임 보여 줄 때 셔터 글래스에서는 오른쪽 눈을 가려 주고 우 영상 프레임을 보여 줄 때는 왼쪽 눈을 가려주는 방식으로 각 눈에 대해 독립적인 영상을 볼 수 있게 한다. 사용한 모니터 주파수는

120Hz 로서 이를 반으로 나누어 각각 60Hz 씩 좌안과 우안에 번갈아 보여준다. 화면과 셔터 글래스 사이의 동기를 위해서는 그래픽 카드에서 신호를 받은 이미터(emitter)에서 적외선 신호를 내준다.

2-4 위치 및 방향 센서

3 차원 공간상의 위치 추적은 적외선 센서에 의한 방법, 초음파 센서에 의한 방법, 영상 센서에 의한 방법, 매그네틱(magnetic) 센서에 의한 방법 등이 현재 많이 사용되고 있다. 적외선 센서, 초음파 센서의 경우 한 개의 센서로 한 방향에 대한 센싱만 되기 때문에 동시에 여러 방향의 정보가 필요할 경우 많은 수의 센서를 필요로 한다. 또한 영상 센서, 즉 카메라를 이용하는 경우 마커(marker)가 사용자 신체의 일부분에 의해 일시적으로 가려지는 경우를 대비하여 많은 수의 카메라를 필요로 하기 때문에 비용이 많이 든다. 매그네틱 센서의 경우 위치에 상관없이 각 센서의 위치가 추적되고 사용자에게 의해 가려지는 경우에도 센싱에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다.

이러한 여러 문제들을 고려하여 그림 2 에 보인 것과 같은 POLHEMUS 사의 PATRIOT™ 라는 3 차원 매그네틱 위치 및 방향 센서를 사용하기로 하였다. PATRIOT™ 의 구성은 USB 와 RS-232 를 지원하는 센서 컨트롤러와 위치 및 방향의 기준이 되는 소스(source), 그리고 매그네틱 위치 및 방향 센서로 구성되어 있다.



그림 2. 매그네틱(magnetic) 위치 및 방향 센서, 소스(source) 및 컨트롤러.

사용한 매그네틱 센서는 소스와 그림 3 과 같은 위치 관계를 가지고 있다. 기본적으로 소스를 원점으로 하여 센서의 위치 좌표가 결정된다. 또한 센서의 방향 값은 소스의 각 축을 기준으로 센서 고유의 각 축이 회전한 정도로 결정되어진다.

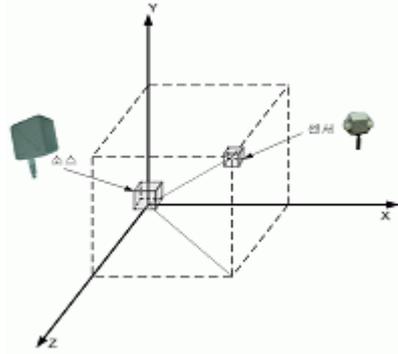


그림 3. 소스(source)와 센서와의 위치 관계.

3. 입체 영상 기반 가상 현실 게임의 구현

3-1 좌표계 일치

사용자의 눈과 손가락 끝의 위치와 방향을 센싱하기 위해 사용하는 소스 중심의 실 좌표계와 가상공간의 3 차원 가상 좌표계는 서로 다른 기준으로 좌표를 나타내기 때문에 간단한 좌표계 변환을 통해 각 좌표계를 서로 일치시켜 주어야 한다. 즉, 실 좌표계와 가상 좌표계를 정렬해주는 좌표계 일치(이하 좌표계 일치)가 필요하다. 이는 소스 기준의 실 좌표를 가상 좌표계 기준의 좌표로 변환해 줌으로써 가능하다.

먼저 3 차원 가상 좌표계는 디스플레이 되는 스크린 표면의 중심을 각 축의 원점으로 하여 x(가로), y(세로), z(깊이)의 축을 가진다. +z 축은 모니터 앞에서 사용자를 향하는 방향이다. 한편 위에서 언급했던 것처럼 매그네틱 센서의 경우 소스를 기준하여 위치가 결정된다. 따라서 만일 소스의 각 축이 가상 좌표계의 각 축과 일치하게 놓이지 않을 경우 소스의 각 축을 가상 좌표계의 축에 맞게 변환시켜 주어야 한다. 여기에는 소스의 설치 시 전제 조건을 필요로 하는데 소스의 각각의 축을 가상 좌표계의 가까운 축과 평행하도록 놓아야 한다는 것이다. 즉 소스에서 모니터로 향하는 축은

모니터 화면과 수직해야 한다. 소스는 가상 좌표계의 어느 곳에 위치하여도 소스의 정확한 위치만 알면 좌표계 변환이 가능하지만 편의상 그림 4 에서 보듯이 모니터 화면 정 중앙에서 사용자 방향으로 35cm 떨어진 지점의 테이블 바닥에 위치시켰다.

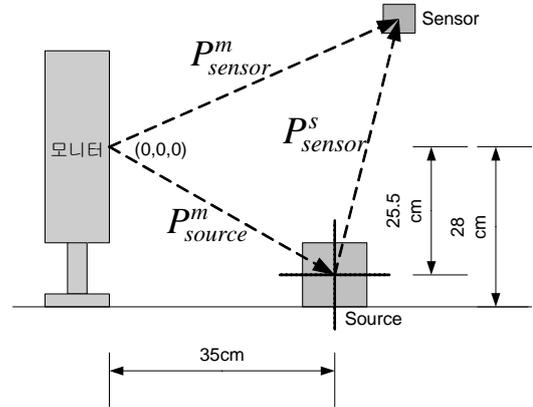


그림 4. 모니터와 소스 및 센서의 위치관계.

소스의 축이 가상 좌표계의 축과 일치하게 놓이게 될 경우 소스를 기준으로 한 센서의 좌표 (P_{raw}^s)를 소스의 축과 가상 좌표계 축이 일치된 좌표 (P_{sensor}^s)로 바로 사용해도 되지만 그렇지 않을 경우, 식 (1)과 같이 좌표축 변환행렬 (R_{src})에 소스를 기준으로 한 센서의 좌표 (P_{raw}^s)를 곱하여 P_{sensor}^s 값을 구해야 한다.

$$P_{sensor}^s = R_{src} \times P_{raw}^s \quad (1)$$

가상 좌표계를 기준으로 한 센서의 좌표는 그림 4 에서 보듯이 모니터 화면의 중심으로부터 소스까지의 좌표(P_{source}^m)와 P_{sensor}^s 을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{sensor}^m = P_{source}^m + P_{sensor}^s \quad (2)$$

3-2 시점 일치

센서는 안경에 하나 손가락 끝에 하나 부착하게 되는데 손끝에는 진동 촉각 장치가 센서와 함께 장착되게 된다. 안경에 부착되는 센서로부터는 위치 값만 얻어서 사용하게 되며 가상 공간 상의 카메라 node 의 위치 필드에 적용된다. 손가락 끝의 센서에서는 위치 값과 회전 값 모두를 얻게 되는

데 손가락 끝에 해당하는 Separator node 의 하위 node 인 Translation node 와 Rotation node 의 필드에 각각 적용된다. 눈의 위치 값은 센서로부터 알 수 있지만 실제로 사용자 눈의 시선이 어디로 향하는지는 알 수 없으므로 가상 공간의 카메라에 센서의 위치 값이 적용되는 경우 사용자 눈의 시선은 가상 좌표 계의 원점(0,0,0), 즉 모니터 정 중앙에 모인다고 가정한다.

가상 좌표계와 실 좌표계의 길이 척도를 동일하게 하겠다고 하더라도 가상 공간을 표현해 주는 것은 모니터이기 때문에 보여지는 scale 을 조정해 주는 것이 필요하다. 같은 영상일 지라도 모니터가 클수록 가상 공간의 객체들은 더 크게 보이기 때문이다. 모니터의 정 중앙을 가상 좌표계의 중점으로 두었기 때문에 $z = 0$ 에서 보여지는 가상 세계의 객체들은 실제 크기를 갖도록 scale 을 조절해야 하는 것이 시점 일치에 위해 필요하다. 즉, 실제 모니터 화면 크기에 맞게 후방 클립 평면을 만들어야 하고 가상 좌표계의 원점에 후방 클립 평면의 중심을 두어야 한다. 후방 클립 평면의 크기는 모니터의 크기에 같아야 하지만 사용자의 눈의 위치가 변함에 따라 달라지기 때문에 이를 고정시킬 필요가 있다.

클립 평면의 크기를 변경 시키는 변수로는 far distance 와 height angle. 그리고, width angle 이 있다. Width angle 은 식 (3)과 같이 height angle 과 aspect ratio 에 의해 구해질 수 있다. Aspect ratio 는 후방 클립 평면의 가로(x)와 세로(y)의 비로써 실제 모니터 화면의 폭과 높이의 비를 적용시켜줘야 한다.

$$\text{width angle} = \text{height angle} * \text{aspect ratio}(x/y) \quad (3)$$

Width angle 은 height angle 에 의해 계산되어지는 것이므로 height angle 을 조절하여 후방클립 평면의 크기를 고정시켜야 한다. 우선 위의 가정과 같이 사용자의 눈은 모니터의 중심을 향한다고 했으므로 far distance 는 사용자의 눈에서 모니터의 중심까지의 거리로 놓아야 한다. Far distance 가 결정되었으므로 이제는 height angle 을 조절해야 한다. 아래의 그림 5 는 후방 클립 평면의 위치를 보여주고 있다.

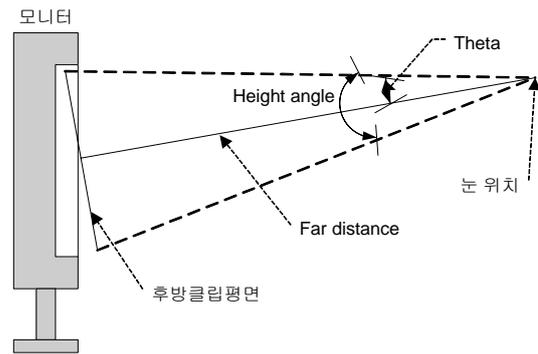


그림 5. 후방 클립 평면의 위치.

모니터 화면의 세로 길이와 far distance 를 이용하여 아래 식 (4)와 같이 height angle 이 계산될 수 있다.

$$\text{Theta} = \arctan(\text{화면세로길이}/2) / \text{far distance} \quad (4)$$

$$\text{Height angle} = 2 * \text{Theta}$$

시점 일치의 마지막 과정으로 사용자의 양안이 떨어진 만큼 가상 공간의 카메라도 적절히 둘로 나누어 지는 것이 중요하다. 사용자의 시선이 모니터 중앙으로 향한다고 가정하였으므로 가상 좌표계의 객체의 z 좌표가 음수일 경우에는 모니터 안 쪽에 들어가 보이게 해야 하고 양수일 경우에는 모니터 바깥 쪽으로 나오게 보여야 한다. 그러기 위해서는 시선이 $z = 0$ 인 위치에서 만나야 한다. 즉, 입체로 화면을 구성할 때 둘로 나누어 지게 된 카메라의 방향을 가상 좌표계의 $z = 0$ 을 향하는 방향에서 만나게 하여 가상 세계를 담게 해야 한다. 여기서 가상 공간의 카메라는 카메라에서 원점을 향하는 직선에 대해서 수직하게 둘로 나누어진다. 하지만 사용자가 고개를 돌림에 의해서 두 눈이 가상 공간의 카메라와 일치하지 않을 수 있으므로 사용자는 고개를 돌리지 않는 것으로 가정하였다.

두 카메라의 위치를 설정할 때는 사람마다 양안의 거리가 다르기 때문에 입체 화면을 볼 때 사용자마다 약간씩 다르게 보이게 된다. 따라서 이를 고려하여 사용자가 바뀔 때마다 조정이 가능하게 해야 한다. 그리고 위치 및 방향 센서가 안경 위에 장착되기 때문에 센서는 실제 사람의 눈보다

약간 높은 곳에 위치하게 된다. 또한 눈과 위치 센서까지의 거리도 사람마다 개인차가 있으므로 조정이 가능하게 해야 한다. 위와 같은 초기 조정 후에 입체 안경을 끼고 화면을 보았을 때 실제 센서와 같은 크기로 만든 모니터 상의 가상 물체가 실제 센서에 의해 어느 위치에서나 가려지게 될 때 시점 일치가 되었다고 볼 수 있다.

3.3 가상 현실 게임의 구현

본 연구를 바탕으로 모니터 화면에서 나오는 듯한 비눗방울을 손 끝으로 터뜨리는 입체 영상 기반의 가상 현실 게임을 구현하였다. 그림 6 은 게임 화면을 capture 한 것이고, 그림 7 은 게임을 시연하고 있는 모습이다.

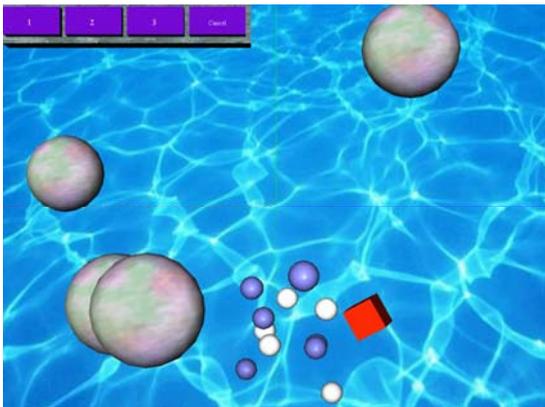


그림 6. 가상 현실 게임 실행 화면



그림 7. 가상 현실 게임 시연 장면

물방울을 실제로 터뜨리는 듯한 느낌을 주기 위해 자체 제작한 진동 촉감 제시 장치를 사용하였

고 위치 및 방향 센서를 채용한 입체 영상 시스템에서 좌표계 일치와 시점 일치를 구현하였다. 좌표계 일치와 시점 일치를 통하여 사용자는 실제 자신의 손가락으로 비눗방울을 터뜨리는 듯한 시각적인 현실감을 느낄 수 있었으며, 아울러 비눗방울이 터질 때마다 진동 촉감 제시 장치에 의한 촉감까지 느낄 수 있어 현실감이 더욱 증가함을 확인할 수 있었다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 입체영상 장치로 만든 가상 비눗방울들을 실제 자기 손가락으로 터뜨리는 듯한 느낌을 가질 수 있도록 해주는 가상 현실 게임 장치를 만들었다. 두 개의 위치/방향 센서를 이용하여 가상 공간과 현실 공간의 두 좌표계를 서로 일치시켰으며, 자체 제작한 진동 촉감 제시 장치를 이용하여 비눗방울을 터뜨릴 때 손가락에 약한 진동 촉감을 제공하여 실제로 자신이 비눗방울을 터뜨리는 듯한 느낌을 갖도록 하였다.

위치 및 방향센서가 어느 정도의 높은 정밀도를 가지고 있지만 센서가 매그네틱 방식이기 때문에 생기는 단점도 있었다. 모니터에서 나오는 자기장의 영향 때문에 센서를 모니터에 가까이 가져가면 위치와 방향에 오류가 발생하였다. 그렇기 때문에 센서를 모니터에 너무 가까이 가져갈 수는 없었다. 그리고 모니터가 아닌 큰 스크린에서 센서를 사용할 경우 source 와 센서의 거리가 멀어지게 되므로 정확한 위치 값과 회전 값을 얻기에는 한계가 있었다. 따라서 이를 해결할 방안을 찾아 볼 필요가 있다. 그리고 매그네틱 위치 및 방향 센서를 이용한 방법 이외에 다른 위치 및 방향 센싱 방법도 적용해 볼 필요가 있겠다.

참고 문헌

- [1] NHK 방송기술연구소, “3 차원 영상의 기초”, 技多利, pp. 129-173, 2000. 3.