

---

# 동작인식 및 촉감제공 게임 컨트롤러

## Motion-Recognizing Game Controller with Tactile Feedback

전석희, Seokhee Jeon\*, 김상기, Sangki Kim\*\*, 박건혁, Gunhyuk Park\*, 한갑중, Gabjong Han\*, 이성길, Sungkil Lee\*, 최승문, Seungmoon Choi\*, 최승진, Seungjin Choi\*\*, 어홍준, Hongjun Eoh\*\*\*

---

**요약** 본 연구에서는 게임에서의 몰입도 증가를 위해 기존 버튼 방식의 입력에 사용자의 자연스러운 동작을 이용한 입력과 진동 촉감을 출력하는 게임 컨트롤러를 제안한다. 동작을 이용한 입력장치는 가속도 추적기와 적외선 비디오 카메라를 동시에 사용한다. 두 정보의 장단점을 보완/융합해서 컨트롤러의 움직임 추적을 향상시키고, 사용자의 동작을 인식한다. 다양한 종류의 진동촉감은 보이스코일 진동자를 이용하여 제공된다. 또한, 제안하는 게임 컨트롤러를 게임의 상호작용에 적용하는 방법을 제공하고, 응용 프로그램에의 적용가능성을 살펴본다.

**Abstract** This paper proposes a game controller that provides user motion input and tactile feedback display, in addition to the traditional button-type input. The device utilizes both an accelerometer and an infrared camera in order to estimate 3D position and to recognize user motion. The information from the accelerometer and the camera are integrated for better performance. Various tactile sensations are presented using a voice-coil type vibrator. We apply the proposed controller to a motion-based game and validate its usability.

**핵심어:** *Game Controller, Motion Recognition, Tactile Feedback, Vibration, Hidden-Markov Model, Vision Tracking*

---

본 논문은 POSTECH 과 KT 가 수행하는 KT VR Lab@POSTECH 공동연구 결과물의 일부입니다.

\* 포항공과대학교 컴퓨터공학과 햅틱스 및 가상현실 연구실

\*\* 포항공과대학교 컴퓨터공학과 기계학습 연구실

\*\*\* KT 미래기술연구소 USN 연구담당

\*전석희: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사과정 e-mail: [yeager@postech.ac.kr](mailto:yeager@postech.ac.kr)

\*\*김상기: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사과정 e-mail: [ihistory@postech.ac.kr](mailto:ihistory@postech.ac.kr)

\*박건혁: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 통합과정 e-mail: [maharaga@postech.ac.kr](mailto:maharaga@postech.ac.kr)

\*한갑중: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 통합과정 e-mail: [hk84@postech.ac.kr](mailto:hk84@postech.ac.kr)

\*이성길: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사과정 e-mail: [ykskill@postech.ac.kr](mailto:ykskill@postech.ac.kr)

\*최승문: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수 e-mail: [choism@postech.ac.kr](mailto:choism@postech.ac.kr)

\*\*최승진: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수 e-mail: [seungjin@postech.ac.kr](mailto:seungjin@postech.ac.kr)

\*\*\*어홍준: KT 미래기술연구소 USN 연구담당 선임연구원 e-mail: [hje@kt.co.kr](mailto:hje@kt.co.kr)

## 1. 서론

기존의 게임 컨트롤러는 대부분 버튼 형식 혹은 조이스틱 형식의 입력장치를 가지고 있었다. 이러한 이진식 입력 기기나 2 축의 자유도를 가지는 입력장치들은 제한된 자유도로 인해서 특정 게임 콘텐츠에서는 자연스러운 입력방법을 제공할 수 없는 경우가 많았다. 이와 같은 한계를 극복하기 위해 보다 직관적인 입력 방법에 대한 연구가 이루어져 왔는데, 과거 CRT 의 주사율과 전자총의 원리를 이용한 2 자유도의 총과 같은 형태의 컨트롤러가 개발된 바 있으며[1], 이를 통해 2 자유도의 입력이 가능했다. 최근 닌텐도 사에서 공개한 Wii 게임 컨트롤러에서는 비전 추적을 통한 입력 방법 및 가속도 센서를 이용한 동작 입력 방식을 선보였지만 컨트롤러의 6 자유도 위치추적은 불가능하다는 단점이 있었다. [2]

한편, 게임 컨트롤러에 진동자를 사용한 촉감 출력 능력을 주려는 시도는 오래부터 있어 왔고 대부분 진동 모터를 진동자로 이용하였다. 이는 진동 모터가 간단한 구조로 적은 전력을 이용해 큰 진동을 낼 수 있고 가격이 싸며 크기가 작다는 장점이 있기 때문인데, 이같은 장점에 비해 편심자를 이용한 진동 모터의 구조상 진동의 크기와 주파수가 공급해주는 전력량에 비례하여 증가하기 때문에 이들을 마음대로 조절할 수 없다는 단점이 있다.[3]

본 논문에서는 기존 컨트롤러들의 사용자 동작 추적 입력 방법의 단점들을 해결하기 위해 절대위치 추적과 가속도 추적이 가능하고 좀 더 다양한 진동을 제공할 수 있는 무선 게임 컨트롤러를 제안한다. 본 논문은 우리의 이전 연구[4]의 연장선상에 있는 연구로써 이전 연구에서 개발한 리모트 컨트롤러에서 더 발전한 형태의 컨트롤러이다. 본 게임 컨트롤러는 비전 기술을 이용한 적외선 위치추적과 가속도 센서를 이용한 가속도 추적을 결합하여 6 자유도의 위치추적과 3 자유도의 가속도 추적이 가능하다. 그리고 이 두 종류의 데이터의 장단점을 서로 보완하여 이를 사용자의 동작 패턴 인식에 사용하는 방법을 제시한다. 또한 기존의 진동모터 대신, 보이스코일(Voice Coil) 진동자를 이용한 좀 더 다양한 진동감을 사용자에게 제공할 수 있는 진동감 출력 기능을 위 입력장치에 추가하여 최종적으로 광범위한 사용자 동작인식이 가능하고 다양한 진동감을 줄 수 있는 체험형 게임 컨트롤러를 제안한다. 이와 더불어 제안한 게임 컨트롤러를 실제 게임에 적용함으로써 본 컨트롤러가 게임과 상호 작용하는 방법을 제시한다.

## 2. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 시스템은 이전 연구[4]에서 제안된 체험형 리모트 컨트롤러를 바탕으로 보다 개선된 동작 인식 및 진동감과 3 차원 위치 추적 기능을 제공한다. 따라서 이전 연구에서 체험형 리모트 컨트롤러의 요건으로써 제안된 다섯 가지 하드웨어의 조건에 더해 다음과 같은 두 가지 조건이 더 필요하다. 첫째, 카메라 및

LED 를 부착하여 비전 추적이 가능해야 한다. 둘째, 다양한 진동 피드백을 주기 위한 보이스코일 진동자를 작동시켜야 한다. 이 요건을 만족하는 시스템은 다음과 같은 구조로 이루어져 있다.



그림 1 본 과제가 제안하는 시스템.

### 2.1 컨트롤러

게임 컨트롤러는 그림 2(a)의 구조를 가지고 있으며, 크게 가속도 데이터를 얻기 위한 가속도계와 무선 통신을 위한 블루투스 모듈, 진동파형 발생기와 실제 진동을 만들어 줄 보이스코일 진동자로 이루어져 있다.

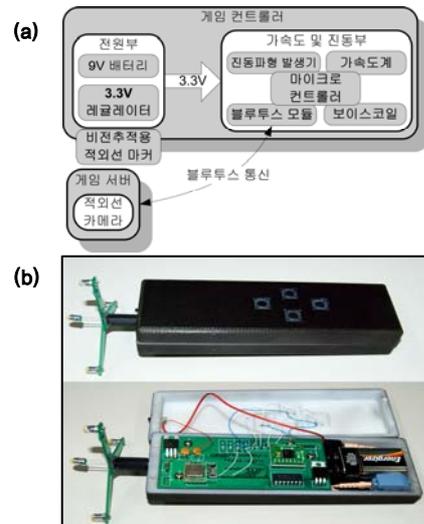


그림 2 (a) 컨트롤러의 하드웨어 구조. (b) 구현 결과물.

이전 연구[4]와 비교하여 본 컨트롤러에는 몇 가지 변경 사항이 있었다. MCU 는 이전 연구에서 사용하던 ATMEGA48 을 그대로 사용하였으나 내부의 카운터와 8 개의 포트를 이용하여 진동 모듈을 제작했고, 이 모듈에 적용하기 위한 진동 파형을 프로그래밍하여 내장하였다.

진동 피드백을 주기 위하여 변경된 모듈에 따라 회로에도 변경 사항이 있었다. MCU 에서 제공되는 8bit 의 정보는 디지털 정보이기 때문에 실제로 진동 파형이라고 말할 수는 없다. 이를 아날로그 신호로 바꾸어주기 위해 8bit DAC(Digital to Analog Converter)인 TLC7528LCN 과 OP-Amp, 그리고 NPN

트랜지스터를 이용해 진동파형 발생 및 증폭기를 만들었다. DAC 칩의 경우 전체적인 딜레이가 평균 180ns 로 매우 작기 때문에 전체적인 진동 피드백을 주는 데 무리가 없다.

## 2.2 서버

서버 측에서는 컨트롤러의 가속도 및 버튼 데이터를 블루투스 통신으로 제공 받으며, 가속도 데이터는 동작 인식부에서 60Hz 의 속도로 갱신되며 인식된 동작의 데이터(3.2 장 참조)를 게임 진행부에 전달하며, 버튼 데이터는 그대로 게임 진행부에 전달한다. 또한 컨트롤러에 부착된 적외선 LED 구조체의 2 차원 이미지를 적외선 카메라를 통해 인식하여, 30Hz 로 갱신되는 비전 추적부에서 위치 추적 데이터를 계산(3.3 장 참조), 게임 진행부에 전달한다. 게임을 진행하는 도중 특정 상황에서 진동을 발생시킬 일이 생기면 서버 측에서는 진동 데이터를 컨트롤러에 전달하여 진동을 일으키게 된다.

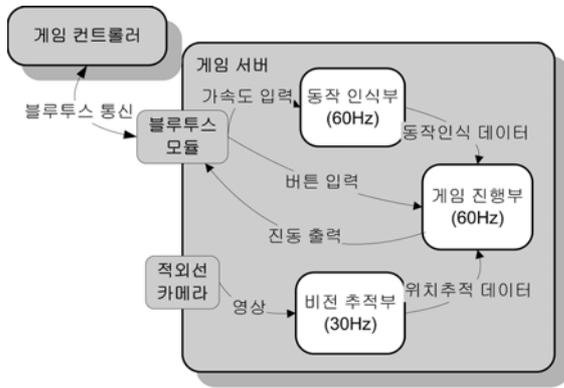


그림 3 게임서버의 데이터흐름.

본 컨트롤러 시스템 중 서버 측 하드웨어에서 추가된 것은 적외선 카메라였으며, HyVision 사의 HVR-2030 모델을 사용했다. 이 모델은 640x480 의 해상도, 30Hz 의 갱신 주기를 가졌으며 일반 카메라에 존재하는 적외선 제거 필터가 없다. 따라서 적외선 통과 필터를 장착하여 적외선 영역의 영상만을 감지할 수 있도록 만들어 사용하였다.

## 3. 위치추적과 가속도추적을 이용한 동작인식

### 3.1 개요

게임 컨트롤러를 이용하여 버튼이 아닌 사용자의 동작을 입력으로 사용하기 위해서는 사용자의 동작과 상관 관계가 큰 입력 값을 얻을 수 있어야 하며, 본 연구에서는 컨트롤러의 위치 상태에 대한 정보가 사용자의 동작과 큰 상관 관계를 보이리라고 가정했다. 따라서 컨트롤러의 위치 상태에 대한 정보를 얻기 위해 비전 기술을 이용해 추적한

3 차원 위치 값과 가속도계를 통해 얻어낸 컨트롤러에 가해지는 가속도의 값을 이용했다.

### 3.2 가속도 정보를 이용한 동작인식

가속도 데이터는 컨트롤러에 내장된 가속도 추적 칩을 통해 얻는다. X, Y, Z 의 3 축 가속도 데이터는 640Hz 의 주기로 MCU 에 전달되며, 블루투스 무선통신을 이용해 그림 2(a)의 게임 서버 측에 115200bps 의 속도로 전달된다. 실제 어플리케이션 내에서는 시간에 따라 연속적으로 가속도 데이터를 읽어 들이며, 이 정보에서 사용자의 동작이 이루어지고 있는 부분의 데이터 블록을 추출해냄으로써 동작과 관련 있는 유의한 데이터 셋을 얻어낼 수 있다. 이렇게 얻어낸 값들을 이용하여 절대위치가 상관없는 동작에 대한 인식에 효율적으로 사용할 수 있다.

#### 3.2.1 구현

가속도 데이터를 이용하여 동작을 인식하기 위해서는 사용자가 의도한 동작 덩어리를 우선 제대로 인식할 필요가 있다. 이를 위해 가속도 데이터를 기반으로 각 동작을 은닉 마르코프 모델(Hidden Markov Model)[5]로 모델링하고 학습된 모델을 바탕으로 동작 인식을 수행하는 모듈을 사용한다.

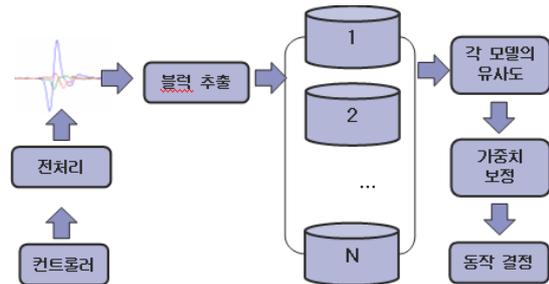


그림 4 동작 패턴 인식 구성도.

위의 그림 4 는 은닉 마르코프 모델을 이용한 동작 인식의 전체적인 구성을 보여준다. 먼저 컨트롤러에서 들어오는 가속도 데이터는 중력 가속도에 의해서 사용자의 동작에 의해 나타나는 가속도 이외의 성분이 존재하게 된다. 이는 컨트롤러의 방향에 의해서 나타나게 되는 성분으로 정확한 동작인식을 위한 블록 추출을 위해서는 전처리 과정을 통해 제거되어야 한다. 본 논문에서는 오프셋 필터를 이용하여 중력 가속도에 의한 가속도 성분을 제거했다. 또한 사용자의 손 떨림이나 센서의 노이즈 등으로 센서에서 나오는 가속도 데이터는 고주파의 특성을 가지고 있으므로 저주파필터를 통해서 제거한다.

입력되는 가속도 신호는 시간의 흐름에 따라 연속적으로 들어오게 되므로 유의미한 사용자의 동작에 따라 해당 시간영역으로 데이터를 잘라내는 과정이 필요하다. 블록추출 과정에서는 아래 식에 따라 가속도 데이터의 절대 크기와 시간에 따른 변화량을 더해 기준 값,  $C_{th}$  보다 큰 경우의 연속 부분을 블록으로 추출해낸다.

$$C_1 \sum_{i=1}^3 (a_i(t))^2 + C_2 \sum_{i=1}^3 (a_i(t) - a_i(t-1))^2 > C_{th}$$

가속도 데이터나 가속도의 변화량 데이터만을 블록 추출의 근거로 사용하지 않고 둘의 값을 모두 사용한 이유는 아래의 그림 5를 보면 알 수 있다. 그림 5(a)는 전처리를 끝낸 가속도 데이터를 나타내는 그림이며 같은 동작을 두 번 반복한 것이다. 그림 5(b)를 보면 가속도의 특성에 따라 동작이 급격히 바뀌는 부분(샘플 100 지점)에 가속도의 값이 0이 되는 지점을 볼 수 있다. 이를 기준으로 블록을 추출하면 하나의 동작이 두 개의 동작을 한 것처럼 블록 추출에 오류가 생기게 된다. 따라서 이 현상으로 인한 블록 추출의 오류를 막기 위해 가속도의 변화량과 가속도 데이터를 동시에 고려하면 그림 5(d)와 같이 안정된 단일 동작의 신호 구간을 추출해 낼 수 있다. 이 그림을 보면 그림 5(b), 5(c)의 경우와 비교해 두 번의 동작 블록을 더욱 정확하게 구분해 낼 수 있음을 알 수 있다.

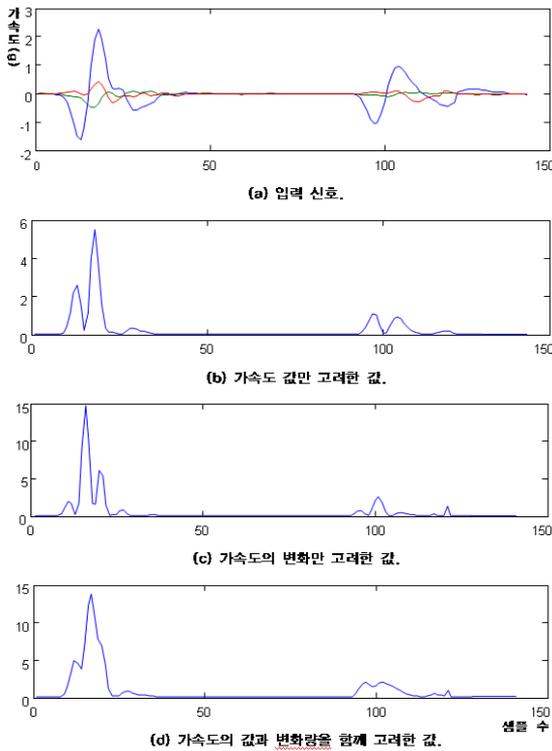


그림 5 블록추출에서 가속도값과 변화량의 영향.

추출해낸 블록에 해당하는 가속도 데이터에서 중력 성분의 제거 여부는 적용하고자 하는 인식 동작에 따라 달라진다. 동작의 특성에 따라 중력과 상대적인 방향이 동작을 구분하는데 도움이 될 경우는 중력 성분을 포함한 신호 구간을 모델 학습에 사용하고, 컨트롤러와의 상대적인 방향만이 중요한 경우에는 중력 성분을 배제한 신호 구간을 학습에 사용한다.

이와 같이 추출된 블록 및 중력 성분을 고려한 입력 데이터를 학습된 각 모델에 대입, 유사도를 계산한 뒤

어플리케이션의 특성에 따라 특정 동작의 선택 가능성을 조절하도록 가중치를 보정한다. 이러한 과정을 거쳐 유사도가 가장 큰 동작으로 동작 인식을 결정하게 된다.

### 3.2.2 결과 및 토의

위에 기술한 방법으로 동작인식 모듈을 구현하여 여러 상황에 대해서 테스트 해 보았다. 테트리스와 같이 간단한 직선 운동과 회전 운동 등으로 구성된 경우에는 95% 이상의 좋은 인식률을 보였지만, 숫자를 쓰는 것과 같이 부분적으로 유사한 형태의 동작이 모여 있는 경우에는 상대적으로 인식률이 떨어져 90% 정도의 인식률을 보였다. 동작 인식의 경우 블록을 얼마나 잘 추출하는가에 따라서 동작의 인식률이 크게 좌우되는데, 본 연구에서는 가속도의 값과 가속도 변화량의 값을 모두 고려하여 블록을 추출하여 자연스럽게 정확한 블록 추출이 가능했다.

### 3.3 위치 추적을 이용한 동작인식

가속도 데이터는 상대적인 위치에 관한 정보는 줄 수 있지만 절대적인 위치에 관한 정보는 주지 않기 때문에 적외선 카메라와 적외선 마커를 사용하는 비전 추적 방법을 사용하여 컨트롤러의 6 자유도 절대위치를 추적한다. 게임 컨트롤러의 6 자유도 위치 추적은 가장 최근에 발표된 닌텐도 Wii 게임 시스템에서도 제공하지 않는 기능이다. 절대위치 추적은 DeMenthon et al. 이 제안한 POSIT(Pose from Orthography and Scaling with Iterations) 알고리즘을 사용한다[7]. 이 알고리즘은 위치관계를 알고 있는 4 개 이상의 마커들의 2 차원 위치만을 추적하여 마커들 전체의 3 차원 위치와 방향을 실시간에 추적해 내는 방법이다. 게임 서버 측에서는 비전추적을 위한 적외선 카메라를 통해 2 차원 마커들의 위치를 인식하고 POSIT 알고리즘을 사용하여 절대위치 데이터를 얻어내며 3 차원 포인팅, 메뉴 선택 등의 위치정보가 필요한 상호작용에 유용하게 사용된다.

#### 3.3.1 구현

카메라를 통해 적외선 LED 의 3 차원 위치를 찾아내기 위해서는 세 단계의 작업이 필요하다. 그것은 첫째, 카메라의 내부 파라미터(Intrinsic Parameter)를 구하는 것과 둘째, 마커의 2 차원 위치를 알아내는 것, 마지막으로 마커의 3 차원 구조 정보를 통해 2 차원 위치로부터 3 차원 정보를 재구성하는 것이다.

먼저 카메라의 내부 파라미터 측정은 카메라의 초점 거리, 이미지 중심, 해상도, 화면의 왜곡 정도와 같은 값들을 측정하는 것을 말한다. 이러한 값들은 3 차원 위치를 추출하는 데 있어 카메라의 고유한 성질들이 영향을 끼치기 때문에 반드시 측정되어야 하며, 카메라 각각의 고유한 성질이기에 때문에 한 번 측정하면 카메라를 교체하지 않는 이상 다시 측정할 필요는 없다. 본 연구에서는 Z. Zhang et al.[6]이 제안한 방법을 이용하여 카메라의 내부 파라미터를 측정하였다.

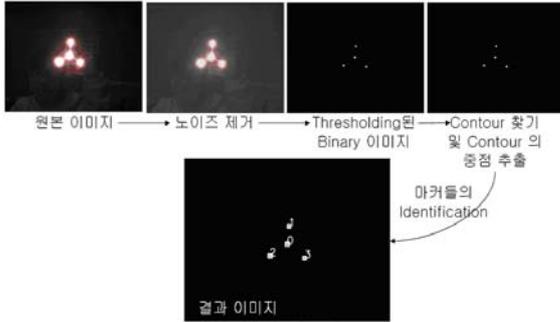


그림 6 적외선 마커의 2차원 위치를 찾는 과정.

다음은 카메라상에서 4 개의 적외선 마커를 추적해야 하는데, 이는 그림 6 의 과정대로 진행하였다. 원본 이미지는 적외선 카메라에서 30Hz 의 속도로 얻어지며, 이 상태에서는 작은 영역의 점 노이즈가 발생하게 된다. 이를 제거해주기 위해서 가우시안 필터를 적용하며, 이는 이미지를 흐리게 하여 점 노이즈를 상쇄시켜주는 역할을 한다. 이제부터는 네 개의 마커를 찾기 위해 Threshold 값과 카메라의 민감도를 조절해가면서 전체 이미지 픽셀에 대해 Threshold 함수를 적용해 그림 6 의 세 번째 그림과 같은 바이너리 이미지를 얻어낸다.

이렇게 얻은 바이너리 이미지에 대해 Contour 곡선을 구하여 마커의 위치를 찾는다. 이는 이미지의 Scan Line 을 따라가며 바이너리 이미지의 변화점을 추적해서 구할 수 있으며, 여기서 찾은 Contour 의 중점이 마커의 위치가 된다. 여기서 4 개의 마커를 구하고 이 마커가 각각 POSIT 구조에서 어느 것에 해당하는지 찾아내야 한다. 각각의 마커에는 0 부터 3 까지의 ID 가 부여되어 있으며 각 ID 에 해당하는 마커의 위치를 저장, 마커가 움직일 수 있는 범위 내의 위치를 예측하여 가장 합리적인 위치에 존재하는 마커에 해당 ID 를 부여한다. 이를 통해서 각각의 마커를 추적할 수 있다.

위에서 추출한 4 개의 2 차원 좌표를 POSIT 알고리즘[7]을 이용해서 마커들의 3 차원 좌표와 방향을 계산할 수 있다. 이 과정을 거치면 비전 추적을 통한 3 차원 위치 추적 데이터를 얻을 수 있다.

### 3.3.2 결과 및 토의

본 논문에서 구현한 추적기의 추적 성능은 1 초에 30 번의 갱신 주기를 가지며 카메라와 마커 사이가 1 미터일 때 평균 2 센티미터, 3~6 도 정도의 추적 오차를 가진다. 마커와 카메라 사이가 멀어지면 이 오차는 커지게 되고 카메라의 작은 해상도로 인해 떨림이 발생한다. 이 떨림을 줄이기 위해 컷오프 주파수가 5Hz 인 저주파 필터를 추적된 데이터에 적용했다.

본 연구의 위치 추적 기법을 적용한 컨트롤러는 기존의 Wii 나 여타 총 쏘는 게임을 위한 컨트롤러에 비해 자유도가 높다. Wii 컨트롤러의 경우 컨트롤러 자체에 장착된 카메라를 통해 센서 바를 인식하는데, 3 차원 인식에 필요한 6 자유도를 모두 추적하지 못하는 한계가 있다. 총 쏘는 게임을 위한 컨트롤러의 경우에도 기존의

CRT 방식을 이용한 컨트롤러의 경우에는 2 자유도, IR 카메라를 이용한 컨트롤러의 경우에도 6 자유도 모두를 추적하지 못하고 화면을 가리키는 정도로만 활용하고 있다. 반면 본 컨트롤러의 위치 추적 시스템은 실시간에 6 자유도의 추적이 가능하다.

## 4. 보이스코일 진동자를 이용한 진동감 제공

### 4.1 개요

기존 게임 컨트롤러에서 주로 사용한 진동모터는 진동 강도와 주기의 독립적인 제어가 불가능하였다. 또한 과도 응답 시간이 크기 때문에 진동 패턴의 변화에 대해 빠른 응답을 보이는 것이 불가능하며, 때문에 단순한 형태의 진동 패턴을 보이는 것만이 가능하였다. 반면 본 논문에서는 보이스코일 방식의 진동자를 사용해 독립적인 강도, 주기 제어로 다양한 파형 생성이 가능하다.

표 1 의 구동 신호를 보면, 보이스코일 진동자는 음향신호와 유사한 파형의 전압을 만들어 냈으므로 제어가 가능하다. 이 파형은 게임 서버 측에서 임의로 생성 가능하고 게임 프로그램 실행 시에도 무선통신을 통해 컨트롤러 측에 전달할 수 있다.

표. 1 진동 모터와 보이스코일의 비교.

Actuator	Vibration Motor	VBW32
Frequency Response	150-266Hz	100-800Hz
Maximum Amplitude	High	High
Amplitude and Frequency	Dependent	Independent
Transient Response	Poor	Excellent
Driving Signal	PWM signal	Audio signal
Typical Size	1,0cm dia.	2,5cm dia.
	0,26cm height	1cm height

### 4.2 구현

본 컨트롤러에서 사용한 보이스코일은 구동 신호로 파형을 입력받아 작동하기 때문에 이를 지원하는 회로를 구성해야만 한다. 진동 파형은 MCU 내부의 메모리에 미리 저장해 둔 일정 길이의 전압 형태를 반복하는 방식으로 구현되었다. 진동 파형의 크기는 MCU 에 미리 파형의 기본 형태에 대한 전압 레벨을 시간 순서에 따라 샘플링하여 프로그래밍해 둔 후 순서대로 출력하여 조절이 가능하며, 전압의 크기를 조절하는 변수를 통해 전체적인 진동의 크기를 조절할 수 있다. 파형의 전압 레벨은 0~255 의 값으로 조절 가능하며 전압 크기는 0~9 레벨로 조절할 수 있다. 진동 파형의 주파수는 MCU 내부의 타이머 값을 설정하여 40~400Hz 까지의 주파수로 조절할 수 있다.

MCU 와 DAC 를 거쳐 나오는 전류가 250uA 이며 이 파형은 전류가 낮아 진동자를 구동하기에는 부족하기

때문에 전압을 그대로 두고 전류를 증폭시켜주는 회로가 필요하다. 따라서 Unit Buffer 회로를 구현하여 입력 전압은 그대로 유지하면서 전류를 증폭시키는 회로를 만들어 진동자를 구동시켰다.

#### 4.3 결과 및 토의

컨트롤러를 통해서 1Hz-400Hz 까지의 진동을 발생시킬 수 있었으며 Sine 파형과 삼각 파형에 대해 테스트를 진행하였다. Sine 파형의 경우 좀 더 무거운 느낌을 받을 수 있었고 삼각파의 경우 조금 더 가볍고 날카롭게 떨리는 느낌을 받을 수 있었다. 또한 세세한 파형의 변화에 즉각적으로 진동이 바뀌는 것을 느낄 수 있었다. 이러한 파형에 따른 진동감에는 좀 더 많은 연구가 필요할 것이다.

진동감의 경우 지금까지의 컨트롤러에서는 진동 모터만을 사용해 다양한 패턴을 주려고 했기에, 진동 모터의 특성 상 낮은 주파수에 큰 진폭을 가진 진동이나 높은 주파수에 작은 진폭을 가진 진동을 구현하는 것이 불가능했다. 이에 비교해, 본 컨트롤러는 보이스코일 진동자를 채택하여 다양한 패턴 및 상황에 적절한 진동을 주는 것과 더불어 주파수와 진폭의 독립적인 조절이 가능, 좀 더 다양한 진동감을 만들어낼 수 있었다.

### 5. 게임 어플리케이션에 적용

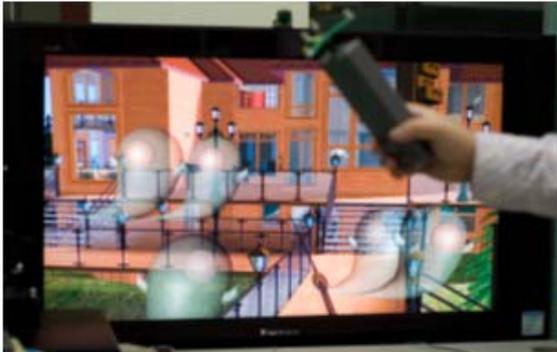


그림 7 본 게임 컨트롤러를 실제 적용한 예.

일인칭 슈팅 게임의 어플리케이션에 본 게임 컨트롤러의 모든 기능을 구현해보았다. 사용자는 게임 컨트롤러를 마치 총이나 칼처럼 사용하게 된다. 컨트롤러의 절대 위치 추적 데이터는 3 차원 위치와 오리엔테이션을 이용해 총을 쏘는 위치를 파악하는데 사용되며 가속도 데이터는 무기를 바꾸는 동작이나 칼을 휘두르는 동작 등을 인식하는데 사용된다. 혹은 총을 쏘거나 재장전하는 경우 Sine 파를 이용한 진동을 주어 묵직한 느낌이 들게 하고 칼을 휘두를 때에는 삼각파를 이용한 진동을 주어 날카롭게 베는 듯한 느낌이 들게 하였다.

### 6. 결론

이 연구의 결과로 이전 연구[4]에서 가능했던 버튼 입력, 동작 인식에 더해 적외선 센서를 이용한 3 차원 좌표 및 방향 추적이 가능하게 되어 좀 더 직관적인 조작을 할 수 있게 되었다. 또한 보다 더 다양한 햅틱 피드백을 전달할 수 있게 되어 사용자의 조작감과 몰입감을 높일 수 있었다.

이번에 새로 추가한 진동자를 좀 더 잘 활용하기 위해, 사용자 측면에서 인지하는 진동감과 입력 파형간의 관계에 대한 조사가 필요하다. 이를 통해 다양한 환경에서의 적절한 진동 패턴을 만들어낼 수 있을 것이며 사용자의 몰입감을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 또한 동작 인식의 성능을 개선하기 위해 가속도만이 아닌 3 차원 위치와 같은 인자들을 추가하여 좀 더 나은 동작 인식 성능을 보일 수 있도록 알고리즘을 개선해야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 POSTECH 과 KT 가 수행하는 KT VR Lab@POSTECH 공동연구에 의해 수행되었음.

### 참고문헌

- [1] B. M. Kelly, J. M. Fernandes, M. F. Kelly, and M. R. Kell, "Target Shooting Game", US Patent, 4898391, 1990
- [2] 닌텐도 가부시키키가이샤, "게임 컨트롤러 및 게임 시스템", 대한민국 특허, 출원 No.1020060079817, 2006
- [3] Wooseok Yang and ByoungHown Han, "Vibration motor", US Patent, 6600245, 2003
- [4] 정재훈, 황인욱, 이인, 이채현, 박건혁, 황재인, 최승문, 김정현, "동작기반의 체험형 리모트 콘트롤", 한국 HCI 학술대회 논문집, pp. 115-122, 2007
- [5] L. R. Rabiner, "A Tutorial on hidden Markov models and selected applications inspeech recognition", Proceedings of the IEEE, pp.257-286, 1989
- [6] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp.1330-1334, 2000
- [7] D. F. DeMenthon and L. S. Davis, "Model-based object pose in 25 lines of code", International Journal of Computer Vision, pp.123-141, 1993