

실내 VR자전거를 위한 노면 질감 구현

김한엽 나혜원 윤동주

경희대학교 컴퓨터공학과

2015100670@khu.ac.kr berry_na@khu.ac.kr dongjooyun@khu.ac.kr

Implementing Road Surface Texture for Indoor Virtual Reality Bicycle

HanYeob Kim HyeWon Na DongJoo Yun

School of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

현재 전세계적으로 유행하는 COVID-19 바이러스로 인해 외부 활동보다 안전한 실내에서 여가 욕구를 충족하려는 사람이 더 많아지는 추세이다. 따라서 본 문서는 대표적인 여가활동 중의 하나인 자전거 타기를 선정하여 자전거에 부착하는 노면 질감 햅틱 디바이스의 구조 및 동작 방식, 가상현실(VR) 자전거 체험 콘텐츠 구현 방법을 제시한다. 그 결과 사용자가 자전거를 타는 노면의 질감 및 자전거를 타고 가며 보이는 경관을 사실적으로 느낌으로써 현실과 유사한 가상환경 경험을 마련하고자 한다.

1. 서론

현재 전세계적으로 유행하는 COVID-19 바이러스로 인한 사회적 거리두기가 장기화되고 있다. 그로 인해 많은 사람들과의 접촉을 꺼려하고 소규모 공간에서 최소한의 사람들과의 여가 활동을 선호하는 양상을 띠게 되었다. 코로나 시국 이전 즐기던 실외 여가활동을 원활히 유지할 수 없는 사람들도 늘고 있다. 이를 해결하기 위해 대중적인 실외 활동 중 하나인 자전거 타기를 실내에서 실감나게 체험하기 위한 방안을 기획하게 되었다.

현실감 부여를 강화하기 위해 HMD를 이용한 기존 VR 시스템에 두가지 요소를 덧붙였다. 1) 진동자와 우퍼를 이용하여 자전거의 핸들과 안장으로 느껴지는 노면의 질감을 생성한다. 2) VR 콘텐츠를 통해 몰입도를 높인 사용자 경험을 제공한다.

본 연구의 최종 목표는 가상 자전거 라이딩 HMD 콘텐츠 및 햅틱스 장치 구현이다. 연구 산출물의 타겟 사용자는 실내에서 안전하고 실감나는 라이딩을 즐기고 싶은 사람들이다. 가상현실 및 햅틱스를 활용한 본 시스템은 사용자에게 사실감 있는 시각 및 촉각 자극을 줌으로써 몰입감을 극대화시킬 것이다. 이를 통해 COVID-19 사태임에도 실내에서 충분히 현실적인 라이딩이 가능하다는 것을 입증한다.

2. 관련 연구

2.1. 기존 실내 자전거 운동기구 및 서비스

2.1.1 즈유프트(Zwift) [1]



그림 1. 즈유프트에서 판매 중인 스마트로라, 킥커클라임, 킥커헤드윈드

즈유프트(Zwift)는 실내 가상 라이딩 게임이다. 자전거를 스마트로라에 고정한 후, ANT+ 혹은 블루투스를 지원하는 속도계 센서를 통해 전자기기에 연결하여 플레이한다. 유료 구독형으로, 다양한 워크아웃을 제공하며 다른 플레이어들과 함께 즐길 수 있다는 특징이 있다. 자체 개발된 호환 가능한 액세서리를 부착하면 라이딩의 현실감을 높일 수 있다. 스마트로라는 게임 내 경사도와 노면을 반영하여 페달링의 강도를 구현하고, 킥커클라임과 킥커헤드윈드는 각각 게임 내 경사도와 속도에 따른 바람을 구현하며, 스티어링 블록은 자전거 핸들을 이용하여 게임 내 조향 기능을 부여한다.

2.1.2 울티레이서(Ultiracer) [2]



그림 2. 얼티레이서, 얼티레이서 플랫폼 디스플레이

얼티레이서는 실내에서 자전거를 안전하고 편리하게 탈 수 있게 하는 운동기구다. 플랫폼 기능을 통해 사이클 운동 정보를 사용하여 사이클링과 게임을 동시에 즐길 수 있다. 주행정보 통합 센서 시스템으로 자체 개발한 게임을 통해 주행속도, 주행거리 등을 확인할 수 있다. 자전거를 타는 동안 전면 및 후면 롤러에 동일한 마찰이 전달되어 실제 자전거 주행과 같은 경험을 선사한다.

2.2. 진동 데이터 수집 및 가상현실 구현

2.2.1. 아두이노 가속도 센서

가속도 센서는 아두이노와 연결되어 가속도를 측정한다. 가속도 센서는 내부에 있는 압전소자가 힘을 받아 방출하는 전류를 통해 가속도를 측정한다. 측정된 가속도를 이용하여 물체의 속도를 예측하고 변위를 예측함으로써 진동을 측정한다. 대표적인 가속도 센서에는 SW-420, MPU-6050, ADXL345 등이 있다.

2.2.2. 360도 카메라

360도 카메라는 일반적인 카메라와 달리 시야각이 전방위로 확장되어 상하좌우 모든 방향을 촬영할 수 있다. 두 개 이상의 렌즈로 촬영한 뒤 사진을 스티칭하여 출력한다. 360도로 전방위를 볼 수 있다는 점에서 VR 콘텐츠 속 사진이나 영상 용도로 촬영되는 경우가 많다. 대표적인 360도 카메라로는 Nokia OZO, Project Beyond 3D omniview camera, GoPro 360Heros 등이 있다.

2.2.3. 유니티(Unity) [3]

Unity는 3D 및 2D 게임의 개발 환경을 제공하는 게임 엔진이다. VR 콘텐츠 개발 환경으로 많이 사용된다. 멀티플랫폼 빌드를 지원하고 비교적 쉬운 제작 환경을 제공하며, 엔진 자체의 요구사항이 높지 않아 저사양 PC에서도 개발이 가능하다. 유니티는 객체지향적이며 데이터 주도적인 설계를 추구한다. 스크립트 언어는 C#과 자바스크립트가 사용되며, 런타임 언어로는 C++이 사용된다.

2.3 가상현실 및 진동 피드백 출력

2.3.1. HMD(Head Mounted Display)

HMD는 머리에 착용하는 고글형 디스플레이 장치이다. 가상현실과 증강현실에서의 3D 디스플레이 구현을 위해 사용된다. 타 방식의 디스플레이 장치보다 수준 높은 입체감으로 몰입감이 증대되며 머리의 움직임을 트래킹하여 시점을 조정하기 때문에 현장감이 증대된다. 대표적인 HMD

기기로 Oculus Quest, HTC Vive, Samsung Gear VR 등이 있다.

2.3.2. 아두이노 진동 모터

진동을 생성하기 위해 DC 모터나 스피커, 우퍼 등을 이용한다. 모터의 한쪽으로 무게가 치우치면 모터가 회전하며 진동이 발생한다는 것이 진동 모터의 원리이다. 즉, 진동 모터를 작동시키려면 전압을 두개의 단자에 나누어 가하면 된다. 자전거로부터 전달되는 진동의 경우 탑승자에게까지 전달될 수 있는 큰 출력을 요하므로 앰프(amplifier)를 사용하여 출력신호를 증폭할 것이다.

2.4. 기존 연구의 문제점 및 해결방안

대부분의 기존 실내 자전거 운동 기구는 효과적인 운동을 목적으로 두고 있다. 그러나 이 기구들의 노면 질감 구현력은 부족한 것으로 판단된다. 다른 사용자와의 상호작용, 경사도에 따른 페달링 강도 조절 또한 운동의 효율을 높이기 위해 필요하다. 하지만 노면 질감에 집중하여 더욱 현실감 있는 실내 라이딩을 구현하고자 한다. 이를 위해 자전거에 아두이노와 가속도 센서를 부착하여 진동 주파수를 수집하고 이를 실내 자전거에서 출력하는 방법을 고안하였다. 속력에 따라 진동이 변화하기 때문에 속력별 진동을 수집 및 구현할 계획이다. 또한 360도 카메라를 사용한 VR 콘텐츠를 개발하여 시각적 피드백으로 현실성을 더할 것이다.

3. 데이터 수집 [4]

3.1. 아두이노 데이터 수집 시스템 [5]

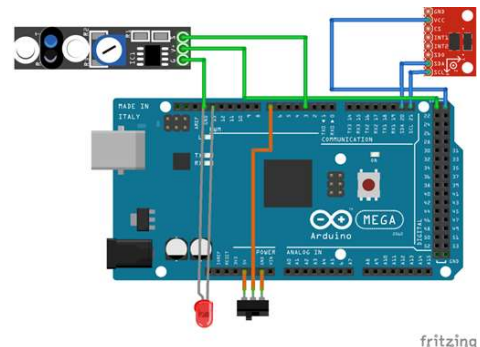


그림 3. 하드웨어 회로도

크게 4가지의 요소들을 사용하여 데이터 수집 시스템을 구성하였다. 휴대성과 크기를 고려하여 단일 보드 마이크로컨트롤러(아두이노 메가 Mega 2560)를 사용하였다. 가속도 수집을 위해 전자 가속도계(ADXL345 GY-80)를 사용하였고 핸들바에 부착하여 데이터를 수집하였다. 센서는 +/- 8g와 800Hz의 속도로 측정할 수 있게 설정하였고 마이크로컨트롤러와 I2C 인터페이스를 이용해 연결하였다. 속력 측정을 위해 자전거 뒷바퀴에 4등분하여 마킹을 하고 IR센서(HW-511 TCRT5000)를 이용하여 속력을 측정하였다. IR센서는 3D프린터를 이용하여 뒷바퀴 쪽 자전거 프레임에 센서를 부착할 수 있는 공간을 확보하여 부착하였다. IR 센서가 마킹을 감지하고 마이크로컨트롤러에 신호를 보내면 이전 신호와의 간격을 계산한다. 그리고 마킹 간의 거리를 계산된 간격으로 나누어 속력을 측정하였다. 스위치와 LED를 이용하여 데이터 수집 상태와 정지 상태를 제어할 수 있게 하였고 데이터는 시리얼 통신을 통해 컴퓨터로 보내지게 설정하였다.

$$\text{velocity} = \frac{\text{circumference}}{n} / \text{delta} \times 36$$

이때, n 은 마킹 등분수, delta 는 이전 신호와의 간격을 의미한다. circumference 는 cm단위, delta 는 ms단위로 측정했기 때문에 이를 km/h단위로 변환하기 위해 36을 곱하였다.

3.2 데이터 수집 현황

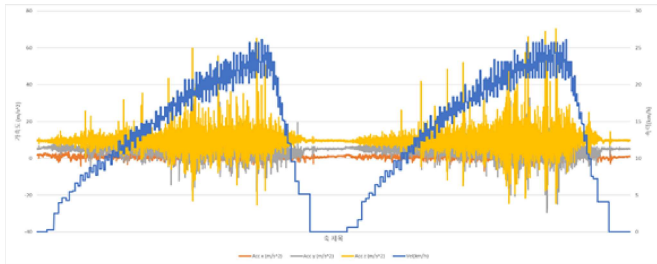


그림 4. 아두이노를 이용하여 수집된 속력과 가속도 데이터

위와 같은 설정으로 자전거도로(아스팔트)에서 수집한 데이터는 위와 같다. 속력의 경우 빨라질수록 측정오차가 커지는 모습을 보이며 속도가 빨리짐에 따라 가속도 또한 커지는 모습을 보인다. 하지만 아두이노의 성능의 문제로 샘플링 주기가 약 4ms로 길고 측정방식에 따른 오차로 인해 속력이 커질수록 속력의 오차가 커지는 모습을 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위해 노트북과 DAQ를 이용하여 새로운 데이터 수집 시스템을 구성하였다.

3.3 DAQ를 이용한 데이터 수집 시스템

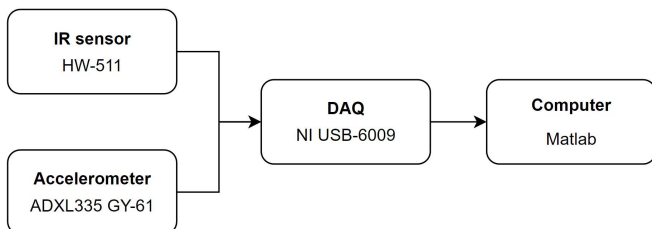


그림 5. DAQ를 이용한 데이터 수집 시스템 개략도

아두이노를 DAQ로 변경하여 새롭게 데이터 수집 시스템을 구성하였다. DAQ를 컴퓨터에 연결하여 샘플링 주기를 0.5ms로 줄였고 Matlab을 이용하여 DAQ와 연결했다. 샘플링 주기를 0.5ms로 줄여 빠른 샘플링이 가능해져 마킹을 4등분에서 8등분으로 변경하여 진행했다. 또한, DAQ와 호환되는 가속도계(ADXL335 GY-61)로 변경하였다. 속도를 계산하는 방법은 동일하고 matlab을 이용하여 코딩하였다.

DAQ시스템을 이용하여 인조잔디구장에서 약 5분 동안 데이터를 수집하였으며 결과는 아래와 같다. 그래프에서 보라색은 속력을 의미하고 파란색, 빨간색, 노란색 선은 각각 X축, Y축, Z축의 가속도를 의미한다.

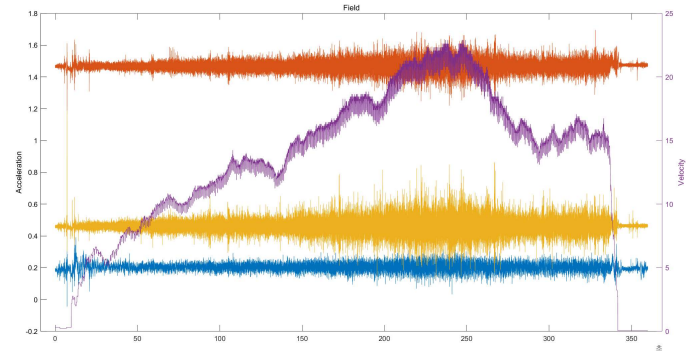


그림 6. DAQ시스템을 이용하여 수집한 속력과 가속도 데이터

4. 향후 연구

본 논문에서는 가상 현실에서 자전거를 타는 사용자의 몰입도를 높일 방법을 제안하고, 실제 자전거 주행 시 발생하는 진동에 대한 데이터를 수집하였다. 데이터 수집을 통해 얻은 결과와 유사한 진동을 실내자전거 또는 고정된 자전거에 발생시켜 가상의 자전거 주행 상황에서 실제와 유사한 경험을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 수집한 데이터를 바탕으로 설계한 진동과 HMD를 통해 사용자가 보다 현실감을 느끼며 자전거를 탈 수 있는 가상 현실 환경을 구현할 계획이다.

데이터 수집 단계에서는 속도 센서와 가속도 센서를 이용하여 데이터를 산출하였다. 다른 종류의 표면을 대상으로 동일한 과정을 거쳐 추가 데이터를 수집할 예정이다. 이후, 데이터 처리 과정을 통해 데이터의 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 데이터를 속도와 지면에 따라 분석한다. 2.3의 그래프에서 x, y, z축 방향의 진동이 비슷한 양상으로 나타나기 때문에 사용자가 경험 할 피드백은 방향의 구분 없이 한 가지 진동으로 통합하여 구현한다. 속도에 따라 데이터를 분할하여 이와 동일한 형태로 해당 속도에서의 진동을 발생시키고, 이외의 속도에 대한 진동은 선형예측(LPC)을 사용하여 구현한다. 이를 통해 가상 현실 환경에서 사용자에게 실제 주행과 유사한 진동을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

시각적 피드백은 3D 카메라로 기록한 360도 파노라마 영상을 Unity Skybox로 렌더링하여 구현한다. 이를 HMD와 연결하고 주행 속도에 따라 영상의 재생 속도를 변화시켜 사용자에게 적절한 시야를 제공한다.

따라서 데이터를 분석하고 해당 데이터를 이용해 유효한 촉각 피드백을 구현한 후, 시각적 피드백과 결합해 적절한 가상현실 환경을 만드는 것이 앞으로의 연구 과제이다.

5. 참고 문헌

- [1] Zwift, Indoor cycling: <https://www.zwift.com/>
- [2] (주) 리얼디자인테크, "About 얼티레이서", https://kor.realdesigntech.com/ultracrer_2roller
- [3] Unity, video game engine: <https://unity.com/kr>
- [4] Rakhmatov, Ruslan. Virtual Reality Bicycle with Data-Driven Vibrotactile Responses from Road Surface Textures / RUSLAN RAKHMATOV 저, 2018.
- [5] Arduino, open-source electronics platform: <https://www.arduino.cc/>