

햅틱 디바이스를 활용한 가상현실 트레이닝 콘텐츠 구현

김대준, 노동건
송실대학교 IT 융합학과

daejoon4630@naver.com , dnoh@ssu.ac.kr

Implementation of Virtual Reality Training Contents Using Haptic Devices

Dae Joon Kim, Dong Kun Noh
Dept. of IT Convergence, Soongsil Univ.

요 약

본 논문에서는 햅틱 디바이스를 이용하여 Meta Quest 기반 가상 현실 교육/훈련 콘텐츠를 구현하고, 햅틱 디바이스를 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 몰입도 효과를 분석한다. 이를 위해 망치 등의 간단한 공구 사용 교육을 위한 가상 현실 트레이닝 콘텐츠를 구현하였으며, 이에 적합한 햅틱 디바이스도 설계하였다. 사용자의 몰입도 향상 분석을 위해 서울 XR 실증센터에서 콘텐츠 체험을 진행하였고, 체험자의 설문 분석을 통해 햅틱 디바이스를 사용함으로 인해 몰입도 향상이 이루어졌는지 검증하였다. 분석 결과 참여자의 60% 이상이 몰입도 향상을 느꼈고, 70% 이상이 다른 가상현실 트레이닝 교육에 햅틱 디바이스의 사용이 필요하다고 답하였다.

I. 서 론

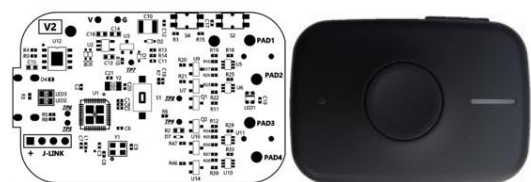
가상 현실 기술이 본격적으로 발전하고 다양한 콘텐츠가 개발되었다. 가상 현실 콘텐츠는 엔터테인먼트적 부분 뿐 아니라 재할, 직업훈련, 교육 등 다방면의 목적으로 사용되고 있으며 지속적으로 발전하고 있다. 가상/증강 현실을 트레이닝에 사용하는 빈도는 2022 년 기준 24%에 다다르며, 게임에 사용하는 빈도인 20%에 비해 다소 높게 측정되고 있다.[1] 이는 실제로 가상 현실 매개체를 교육/훈련에 충분히 적용할 수 있다는 것을 의미한다. 다만 트레이닝 콘텐츠라 하여도 현실적으로 이는 실체가 아닌 “가상 현실”로써, 현실과의 차이가 있는 점은 부정하기 어렵기에 실제로 진행되는 교육/훈련의 효과를 그대로 기대하기에는 어렵다는 점이 있다. 따라서 이를 극복하기 위해 VR 모션 트래킹과 같은 물리적 장치들이 개발되고 있다.

본 연구에서는 물품 조립/제작 콘텐츠에 햅틱 출력 장치를 연동하여 가상 현실에 촉각적 요소인 전기 자극을 느낄 수 있도록 하였다. 전기 자극을 발생시킬 매체는 전극이 내장된 팔토시 형태의 보호대와 전기 출력 하드웨어로, 하드웨어는 BLE 통신이 가능하도록 개발하여 가상 현실 콘텐츠에서 명령 신호를 받으면 하드웨어에서 전기 출력을 방출시킨다. 이 출력은 케이블을 통해 팔토시에 존재하는 전극으로 전달되어 전극과 맞닿은 피부에서 전기 자극을 체감할 수 있다. 하드웨어는 보호대에 장착하거나 수납이 가능할 정도로 소형화 하여 개발하였다. 콘텐츠 내의 블루투스 플러그인을 통해 VR HMD 와 전기자극 디바이스를 Scan 및 Connect 할 수 있고 콘텐츠 내의 Trigger 를 작동시켜 UART 통신을 통해 전기 자극 출력이 가능하도록 콘텐츠를 구성하였다. 이처럼 특정 Condition 에서 발생하는 전기 자극을 이용해 콘텐츠를 이용하는 사용자의 몰입도를 증가시키고 증가된 몰입도가 학습자에게 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 전기 자극은 사용자가 가상 현실을 실제와 유사하게 느낄 수 있도록 하는 방법으로, 결과적으로 콘텐츠에 대한

몰입도 증가를 유도한다. 여기서 몰입이란, 개인이 활동 그 자체 이외의 모든 것을 잊어버릴 정도로 완전히 빠져든 주관적 심리상태로 정의할 수 있으며[2], 이를 수치화한 것이 몰입도라고 할 수 있다. 학습몰입 경험은 과제에 대한 집중, 행위와 의식의 통합, 자의식의 상실, 통제감, 시간 감각의 왜곡, 자기목적적 경험을 포함하며[3] 본 연구에서는 과제에 대한 집중에 중점을 두어 분석하였다.

II. 구현 내용

1) 햅틱 디바이스



<그림 1> 햅틱 디바이스의 PCB 설계 및 구현 모습

먼저 햅틱 디바이스가 필수적으로 작동해야 할 기능들을 명확히 하였다. VR HMD 와 통신해야 하므로 무선 통신이 전제되어야 하며 휴대 기기 특성상 블루투스 통신을 이용하는 것이 적합하다고 판단하였고 또한 햅틱 출력의 경우 높은 수준의 통신 레벨 또는 매우 빠른 샘플링 속도를 요하지 않으므로 BLE 통신을 사용함을 전제로 개발하였다. 또한 소형화를 위해 BLE 통신을 위한 모듈은 BLE 기능을 내장한 MCU 를 탑재하는 것으로 대체하였다. 디바이스는 전압 방출 핀을 통해 3V 에서 60V 의 전압을 순간적으로 방출할 수 있어야 하며 전압의 과도한 분산을 막기 위해 방출 핀 당 2 개의 전극만을 대응하도록 한다. 사용자마다 전기 자극의 강도를 다르게 느낄 수 있으므로 전압 조절 기능을 추가하였고, 콘텐츠 내에서 쉽게 조절이 가능하도록 구현하였다.

펌웨어 코드는 무선 키코드를 UART 통신을 통해 수신하여 디바이스를 제어하는 방식을 활용하도록

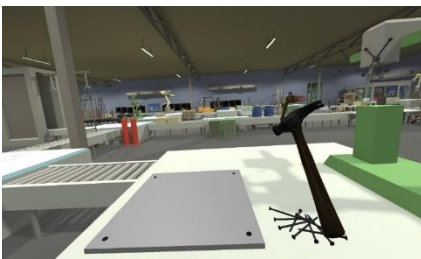
구현하였다. HMD에서 송신한 키코드를 인식하여 키코드에 맞게 전압 출력 조절과 출력의 주파수 조절 및 Peak의 수를 지정할 수 있도록 하였다.

2) 햅틱 디바이스를 사용한 가상현실 교육 콘텐츠

콘텐츠 개발 엔진은 Unity를 사용하며, Meta Quest HMD는 Android 운영 체제를 이용하므로 콘텐츠 내에 Android Platform에서 사용할 수 있는 블루투스 플러그인을 삽입하여 디바이스와 무선 통신을 가능케 하였다. Meta Quest 내에서 콘텐츠를 실행함과 동시에 디바이스를 Scan하고 Connect를 시도하도록 설계하여 피실험자로 하여금 복잡한 조작이 필요하지 않도록 하였다. Meta Quest의 Controller에 내장되어 있는 Thumbstick을 상/하로 조작하여 전기 자극의 출력 강도를 조절할 수 있도록 하였고 Object와 On Trigger 상호작용 시 현재 연결되어 있는 햅틱 디바이스에 패킷을 송신하는 방식으로 구현하여 디바이스에서 전기 자극을 방출하여 전극으로 전송, 사용자가 전기 자극을 체감할 수 있도록 하였다.

콘텐츠는 플레이 타임을 고려하여 망치질, 수조립, 기계 조작 등 간단히 진행할 수 있는 작업을 3가지 정도 선별하여 사용자에게 요하도록 하며, 이 작업들 모두 다른 형태의 출력을 발생시키도록 하였다. 가령, 망치질을 할 시 망치와 판이 충돌할 때 두박하고 딱딱한 느낌을 줄 수 있도록 낮은 주파수와 Peak의 파형을 발생시키는 것이다. 이는 각 작업별로 도구의 사용 여부, 도구의 성질 등이 차이가 있기 때문에, 현실감을 주기 위한 요소로 구현하였다.

본 콘텐츠의 목적은 생산 경험이 없는 학습자를 대상으로 물품의 생산/조립 능력을 학습시키는 것이며, 콘텐츠에 햅틱 디바이스를 활용하는 것은 사용자의 몰입도를 증가시켜 학습 효율을 증가시키기 위함이다. 생산 작업의 특성상 다양한 장비나 설비를 이용하게 되며, 이 중에는 고충량의 장비, 고온이 발생하거나 고압 전류가 흐를 수 있는 장비, 망치와 같이 집중력과 섬세한 조작이 필요한 장비가 존재할 수 있다. 따라서 다루기에 다소 무겁고 복잡한 장비의 경우 충분히 숙련되지 않을 시 안전사고의 우려가 있기 때문에 가상 현실 콘텐츠를 통해 안전하게 실제와 유사한 학습을 할 수 있도록 개발하였다.



〈그림 3〉 가상 현실 교육 콘텐츠 실제 화면

III. 성능 검증

1) 실험 개요

서울 XR 실증센터를 통해 사용자 참여형 평가를 시행하였다. 연구 대상은 신체가 건강하며 공장형 조립 업무를 경험해 본 적 없는 20,30대 성인 남녀 12인이며 피실험자의 평균 연령은 27.6세, 평가자 중 60%는 VR 콘텐츠를 경험해 본 경험자로 구성하였다. 디바이스에서 발생하는 전류의 강도는 감각을 유발하는 최소한의 전류(0.18mA)와 피실험자가 고통을 느끼지 않는 최대한의 전류(10mA)[4] 사이에서 설정하도록 한다. 연구를 위한 테스트는 공정하고 객관적인 결과를 도출해야 하므로 서울 XR 실증센터에 의뢰하여 진행하도록 하였다.

평가 환경은 서울 XR 실증센터 1 평가실에서 Meta Quest 2, 그리고 팔토시형 전기 자극 의복과 2대의 햅틱 디바이스를 이용하여 구축하였다. 평가 지표로는 콘텐츠 체험을 진행하며 태스크별로 행동을 지시하고 태스크를 마칠 때 마다 중간 설문과 인터뷰를 진행한다. 최종적으로 모든 태스크를 마친 뒤에 최종 심층 인터뷰와 사후 설문, 피드백을 진행하여 개선점과 전기 자극에 대한 감각 평가를 수집하였다. 전기 자극이 가해질 때마다 피실험자를 관찰하여 전기 자극에 대해 불쾌감이나 고통, 또는 현실감을 느낄 수 있는지를 파악하였다.

2) 실험 결과

이 실험 결과는 서울 XR 실증센터에서 받은 참여형 평가보고서를 기반으로 통계분석한 결과이다. 햅틱 디바이스를 사용함으로써 얻을 수 있는 효과가 그렇지 않을 때 보다 몰입도에 대하여 “큰 변화가 없다”의 응답률이 약 30%정도인 데 반해 “변화가 있다”의 응답률은 60%를 상회하여 디바이스의 사용이 효과가 있음을 파악하였다.

이 외의 타 콘텐츠와 디바이스를 연동하는 것에 대해 “기대가 된다”라는 반응은 약 70% 정도로 파악되었다. 특히 FPS와 같은 게임 콘텐츠에서 공격이나 피격에 대한 피드백으로 전기 자극이 적절할 것으로 보인다는 의견 또한 존재하였다. 만족도의 경우는 전기 자극 특유의 촉감에 불쾌감을 느낀 피실험자가 존재하여 약 40% 정도로 측정되었다. 다만 전기 자극이 불쾌했다는 의견을 피력한 VR 콘텐츠 경험이 있는 29세 남성 피실험자는 손바닥과 같은 다른 부위에 가해지는 전기 자극은 불쾌하지 않을 것 같다고 답하였다.

IV. 결론 및 향후 연구

햅틱 디바이스의 적절한 이용은 실시간 피드백을 사용자에게 제공하는 등의 현실과 가까운 몰입도를 제공할 수 있어 다양한 감각으로 효과적인 학습을 할 수 있다. 디바이스를 이용해야 한다는 조건이 있지만 그로 인해 발생하는 학습 몰입을 통해 짧은 시간 안에 양질의 학습을 학습자에게 제공할 수 있다면 충분히 고려할 만한 학습 방법이라고 사료된다. 또한 학습 몰입을 발생시키는 교육/훈련 콘텐츠 뿐 아니라 엔터테인먼트 등 콘텐츠에 적용하여 몰입도가 높은 게임/영상 콘텐츠를 완성시킬 수 있어 앞으로 다양한 기호를 가진 콘텐츠 사용자들을 모을 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 햅틱 디바이스의 자극 위치에 대한 재고가 필요하다. 피실험자는 물체를 잡을 때는 손바닥에서 자극이 와야 하는데 손바닥에는 디바이스가 존재하지 않아 팔에 자극이 전달되니 혼란이 야기된다 답하였다. 따라서 다양한 부위에 사용할 수 있는 햅틱 디바이스의 개발이 필요하다고 이러한 피드백은 결과적으로는 학습 몰입에 방해가 된다는 점으로 우선적으로 개선해야 할 부분이라고 볼 수 있다. 아울러, 불쾌하지 않은 파형의 연구나 다양한 전극의 연구 및 탐색을 통해 이러한 부분을 극복해 나가는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] IDC Worldwide Augmented and Virtual Reality Spending Guide, May 2022
- [2] C. Rathunde, et al. "Talented Teenagers: The Roots of Success and Failure." Cambridge University Press, 1993
- [3] 유영주, et al. "국내 성인학습자의 학습몰입 영향요인에 관한 통합적 문헌 고찰." 산업교육연구 제 29호, 2014
- [4] 이계협, et al. "다양한 강도와 주파수의 전기자극을 이용한 주관적 평가 분석." 한국감성과학회 춘계학술대회, 2020