

몰입감 있는 가상현실 디지털 치료기기를 위한 장갑형 VR 컨트롤러에 관한 연구

심동현¹, 송혜원¹, 백윤철¹, 김형석*

¹ (주)왓즈랩, *세종대학교

sdh@whatslab.co.kr, hw0624@whatslab.co.kr, strategy@whatslab.co.kr,

*hyungkim@sejong.edu(교신저자)

A Study on the Glove-type VR Controller for Immersive Virtual Reality Digital Therapeutics

Donghyun Sim¹, Hyewon Song¹, Yoonchul Baek¹, Hyungseok Kim*

¹ WHATs LAB Corp., *Sejong University

요약

본 논문은 VR (Virtual Reality) DTx(Digital Therapeutics) 와 상호작용이 가능한 합리적인 장갑형 VR 컨트롤러에 관한 연구이다. VR DTx 특성상, 환자의 VR 친숙도에 따라 진단과 치료 방법에 영향을 미치므로, 기존의 버튼이나 조이스틱 형태의 컨트롤러는 적합하지 않을 뿐만 아니라 피로감을 유발한다. 본 논문에서는 WL055 IMU (Inertial Measurement Unit)센서와 I2C 멀티플렉서, Arduino Uno R3 를 활용하여 장갑형 VR 컨트롤러를 제작하고, 지연시간을 측정하며 제스처를 시각화 하였다.

I. 서론

최근, 디지털 헬스케어 분야에서 소프트웨어 의료기기의 분류로 DTx(Digital Therapeutics)가 이슈 되고 있다. DTx 는 글로벌 시장 규모 2020 년 기준 35 억달러로 연평균 23.1% 성장하여 2028 년에는 약 191 억 달러 규모로 예상된다 [1]. 특히 환자에게 몰입감을 제공하며 보다 높은 치료 경험을 제공할 수 있는 VR (Virtual Reality)기반 DTx 에 대한 관심이 높다. 이에 따라 VR DTx 와 VR 하드웨어의 중요성이 강조되고 있다.

VR 하드웨어의 종류는 시각적 효과를 제공하는 HMD (Head Mounted Display)와 사용자 신체에 부착하여 위치를 추정할 수 있는 트래커, 사용자의 제스처를 입력할 수 있는 컨트롤러 등이 있다. 이 중, 컨트롤러는 사용자가 VR 과 상호작용을 하는 도구이며 VR DTx 내의 과업을 수행하는데 있어 중요한 역할을 한다. 그러나 HTC Vive Pro 2[2], Meta Quest 3[3] 등 대부분의 상용 VR 기기는 버튼 혹은 조이스틱형 컨트롤러를 제공하며, 이러한 형태는 사용자의 VR 사용 친숙도에 따라 DTx 수행 결과가 달라질 우려가 존재한다. 이에 따라 버튼 혹은 조이스틱형 컨트롤러의 대체용으로 컴퓨터 비전 기반 손 제스처 입력 기능을 제공하는 HMD 나 장갑형 VR 컨트롤러가 제안되고 있으나, 손이 겹쳐지거나 손이 가려지는 경우 제스처 입력이 불가능하며 특히 진동, 압력, 온열 등 피드백을 제공할 수 있는 매개체가 존재하지 않아 자극을 제공해야 하는 콘텐츠에 부적합하다. 장갑형 VR 컨트롤러는 이러한 피드백을 제공할 수 있지만, 적게는 \$457 [4]부터 많게는 \$14,999 [5]의 비용을 필요로 한다. 이에 본 논문에서는 VR DTx 에 적용 가능한 합리적인 장갑형 VR 컨트롤러를 제안한다.

II. 본론

2-1. 하드웨어 구현

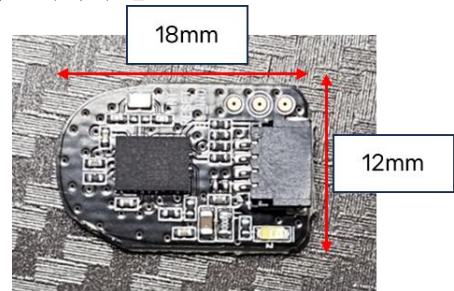


그림 1. WL055 IMU 프로토타입

본 논문에서 제안하는 장갑형 VR 컨트롤러는 IMU (Inertial Measurement Unit)센서를 사용하여 사용자의 제스처를 인식한다. IMU 센서는 (주)왓즈랩에서 제작한 WL055 의 프로토타입으로, 9DoF(Degree of Freedom)를 가지며 표준 JST SH 4pin 인터페이스를 채택한다.

WL055 는 가속도, 자이로, 지자기를 측정하며 내장된 Cortex M4 를 통해 칼만 필터(Kalman Filter) 알고리즘 센서 퓨전을 진행한다. 최종적으로 출력되는 값은 각 센서의 오일러 각에 해당하는 Roll, Pitch, Yaw 값으로 표현되며, I2C 멀티플렉서로 전송된 후 MCU 에서 수신한다. 최종적으로 MCU 에서 수신하는 값은 4 개의 Roll, Pitch, Yaw 쌍으로 총 12 개의 값이다. MCU 는 12 개의 오일러 각 값을 정수 형태로 Serial 을 통해 PC 로 전송한다. 각 값은 “;”로 구분된다. 본 논문에서는 Arduino Uno R3 를 MCU 로, TCA9548A 를 I2C 멀티플렉서로 채택하였다.

WL055 센서는 엄지, 검지, 중지의 DIP (Distal Interphalangeal) 관절의 끝부분에 부착되며, 손등에 하나의 WL055 센서가 부착된다. 해당 구조는 손가락의

굽힘(flexion)과 펴(extension) 그리고 벌림(abduction)과 오므림(adduction) 동작을 추정할 수 있으며, 손등의 회전 또한 추정할 수 있다.

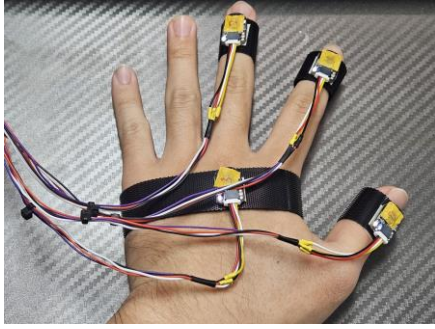


그림 2. 제안된 장갑형 VR 컨트롤러 하드웨어

하드웨어는 환자가 착용하여도 불편함이 없고 몰입감을 느낄 수 있도록 피부와 닿는 면적을 최소화하였으며, 다양한 손 크기에 대응할 수 있도록 제작한다.

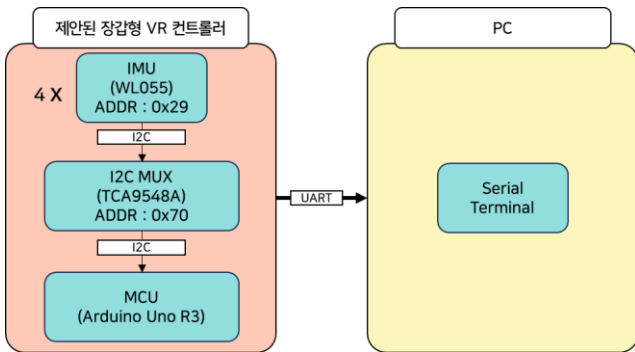


그림 3. 제안된 장갑형 VR 컨트롤러의 시스템 설계도

2-2. 지연시간 측정

본 논문에서 제안된 장갑형 VR 컨트롤러의 지연시간을 측정하여 성능 검증을 실시한다. 지연시간 측정은 장갑형 VR 컨트롤러와 Serial 로 연결된 연결된 PC 에서 진행되며 Python 과 PySerial 라이브러리를 사용한다. 측정 과정은 아래와 같다.

1. 총 12 개의 WL055 센서값이 PC 로 전송이 완료되는 시점을 iteration 으로 정의한다.
2. t 번째 iteration 과 t+1 번째 iteration 의 시간을 측정하여 그 차이를 구한다.
3. 2 의 과정을 1000 번 수행한다. 각 iteration 에서 측정된 시간차는 latency list 에 저장된다.
4. 1000 iteration 이 수행 완료된 이후, latency list 의 평균을 구한다.

측정된 지연시간은 31 msec(밀리 초)이며, 표준편차는 4.9 msec 이다. 일부 선행된 연구에서 원활한 몰입 경험을 가능하게 하기 위해서는 1ms 이하의 지연시간이 필요하다고 판단했다[6]. 이에 반해 제안된 장갑형 VR 컨트롤러는 비교적 높은 지연 시간이 측정이 되었다. 그러나, 제안된 장갑형 VR 컨트롤러는 16Mhz 의 낮은 클럭 속도를 가지는 Arduino Uno R3 를 사용하였으며, 대부분의 지연시간이 MCU 에서 발생되었다고 판단한다. 추후 후속 연구를 통해 STM32F411 고성능 MCU 를 채택할 경우 지연시간을 크게 줄일 수 있다.

2-3. 시각화

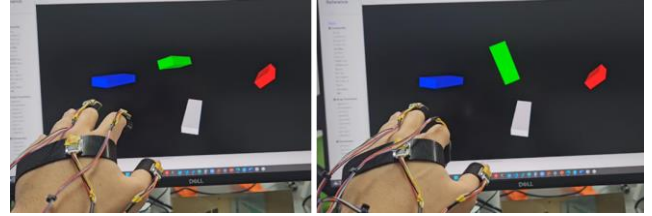


그림 4. 검지의 굽힘과 펴 제스처 시각화

시각화 실험은 MCU 에서 전송된 데이터를 Processing 프로그램의 3D 모델에 맵핑하여 모션을 시각화 하는 방법으로 진행한다. 그림 4 의 빨간색 박스는 엄지, 연두색 박스는 검지, 파란색 박스는 중지, 흰색 박스는 손등을 나타낸다. 각 박스의 Roll, Pitch, Yaw 회전은 WL055 의 Roll, Pitch, Yaw 값에 맵핑되어 있다. 따라서 그림 4 와 같이 중지가 굽혀질 때 연두색 박스가 내회전하며, 펴질 때 외회전 함을 볼 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 몰입감 있는 VR DTx 를 위해 장갑형 VR 컨트롤러를 제안하였으며, WL055 IMU 센서를 사용하여 프로토타입을 제작하였다. 또한, 제안된 장갑형 VR 컨트롤러의 제스처를 시각화 하였으며, 지연시간을 측정하여 성능 검증 또한 실시하였다. 비록, 비교적 높은 지연 시간이 측정되었음에도 불구하고, 환자의 VR DTx 사용 경험 측면에서 기존 컨트롤러에서 발생하는 괴리감을 해결하는데 기여할 수 있다.

후속 연구를 통해 고성능 MCU 를 채택하며, 외부 하우징과 VR DTx 콘텐츠를 제작하여 실제 환자가 사용할 수 있는 형태로 발전시킬 예정이다. 이를 통해 실제 재활 치료, 심리 치료 목적으로 장갑형 VR 컨트롤러가 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 서울시 산학연 협력사업 제6 회 서울혁신켈린지 결선 지원사업(IC230014)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] 주진한, 이정은, 권오탁, “디지털 치료기기 개념과 건강보험 적용 가능성 검토”, 건강보험심사평가원, pp. 2, Sep 2021.
- [2] HTC Corporation. Vive Pro 2. (<https://www.vive.com/kr/product/vive-pro2/overview/>)
- [3] Meta Platforms, Inc. Quest 3. (<https://www.meta.com/kr/quest/quest-3/>)
- [4] Diver-X Inc. ContactGlove rev.2. (<https://store.diver-x.jp/en-asia/products/contactglove-rev-2>)
- [5] VR Electronics Ltd. TESLAGLOVE Dev Kit. (<https://teslasuit.io/products/teslaglove/>)
- [6] Z. Xiang, F. Gabriel, E. Urbano, G. T. Nguyen, M. Reisslein, and F. H. P. Fitzek. Reducing latency in virtual machines: Enabling tactile internet for human-machine co-working. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 37, 2019. doi: 10.1109/JSAC.2019.2906788