

AR 몰입형 전신 재활치료를 위한 신체 상호작용에 관한 연구*

김항기·이동춘·이기석 (한국전자통신연구원),
김대환 (울산대학교), 백낙훈 (경북대학교)

목 차

1. 서 론
2. 다중 센서를 이용한 AR 몰입 콘텐츠 구조
3. 전신 관절 인식을 위한 공간 좌표계 변환
4. RANSAC 기반 좌표계 변환 정확도 보정
5. 실험 및 분석
6. 결 론

1. 서 론

한국은 2018년까지 저출산(연평균 3.1% 감소), 고령화(연평균 3.3% 증가) 속도가 OECD 37개국 중 가장 빠르다[1]. 이러한 고령화의 영향으로 노인성 질환인 치매, 파킨슨, 뇌졸중 등의 환자가 꾸준히 증가하고 있다[2]. 본 연구는 노인성 질환 중 하나인 뇌졸중 환자를 대상으로 몰입형 디지털 프로그램을 이용한 전신 재활 기술에 대한 것이다.

뇌졸중 환자에 대한 재활 콘텐츠는 여러 가지 장치 및 효과성을 대상으로 꾸준히 연구되어 왔다. 치료목적의 디지털 프로그램은 효과가 입증되어 ADHD 환자를 대상으로 하는 EndeavorRx[3]와 같은 기술들이 소개되고 있다. 집에서 뇌졸중 환자 대상 원격 재활치료의 효과성에 관한 연구가 진행된 바 있으며[4], 여러 가지 연구자료를 취합하여 15개의 운동 재활에 대한 기준을 제시하기도

하였다[5].

상지/하지/전신 재활 치료를 수행할 때 몰입형 재활 콘텐츠 장치인 가상현실(VR) 혹은 증강현실(AR) HMD를 사용할 수 있다[6]. 이 중 기존에 많이 시도되었던 VR HMD 장비(예:Oculus)를 이용한 재활 콘텐츠의 경우 HMD가 시야를 차단하여 바깥이 보이지 않으므로 거동이 불편한 환자의 경우 치료사가 옆에서 보조를 해주지 않으면 다치거나 사고가 발생할 위험이 있다. 반면에 Optical See Through 방식의 HMD(예: 홀로렌즈)의 경우 주위 환경이 보이는 상황에서 그래픽 콘텐츠를 체험할 수 있으므로 VR에서의 사고의 위험성을 낮추면서도 사용자의 몰입을 높일 수 있다. 하지만 AR HMD의 경우 VR장치 보다 일반적으로 시야각이 좁고 야외나 혹은 밝은 공간에서 영상이 뚜렷하지 않다. 또한, 대부분 손을 이용하여 상호작용해야 하는 제한이 있다.

본 연구는 이러한 손 상호작용이라는 제한 사항을 극복하기 위해서 외부 센서를 연동하여 전신 재활이 가능하도록 한다. AR 콘텐츠에서 전신 상호작용을 위해서 IMU, 마커 기반 광학 인식(예:

* 이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00742, 의료수준 전신 메디컬트윈 핵심 기술 개발)

옵티트랙), 키넥트 등의 깊이기반 전신 동작 인식 센서 등이 사용 가능하다.

이 중 본 연구에서는 MS 홀로렌즈(HoloLens)와 MS 키넥트(Kinect)를 이용하여 전신 재활을 위한 상호작용 기술을 제안한다. 이 경우 홀로렌즈와 키넥트에서 인식된 공간의 좌표계가 서로 다르므로 좌표계 변환을 통해 일치시켜 주어야 한다[7].

이를 위한 기존 기술로는 QR 코드와 I-ICP와 ARToolKit, Vuforia의 AR Code 마커 인식을 이용하는 경우[8]와, 체크보드를 이용하여 RealSense와 홀로렌즈 장치의 좌표계를 일치시키는 경우[9] 등이 있다.

2. 다중 센서를 이용한 AR 몰입 콘텐츠 구조

본 연구는 다중 센서를 이용하여 AR 몰입 콘텐츠의 상호작용을 처리하며 그 구조는 (그림 1)과 같다. 사람의 신체 동작을 인식하기 위한 센서 장비로 홀로렌즈와 키넥트를 이용한다. 이때 홀로렌즈는 동작 인식뿐만 아니라 몰입형 AR 콘텐츠 가시화와 재할콘텐츠 전반적인 진행을 수행한다. 홀로렌즈에서 동작 인식이 가능한 신체 부위는 HMD를 착용하고 있는 머리 부분과 양 손이다. 머리 부위는 홀로렌즈의 가시화를 위한 카메라 위치, 방향 정보를 활용한다. 다만, 손 추적은 홀로렌즈 HMD에 부착된 손 추적 카메라의 시야각 이내에 손이 보일 경우에만 추적이 가능하다. 시야각

을 벗어나면 추적할 수 없다.

키넥트는 깊이 카메라에서 분석한 데이터를 사용하여 전신 관절을 추적한다. 홀로렌즈를 쓰고 있는 경우에도 키넥트는 머리 부위를 대부분 올바르게 찾아낸다.

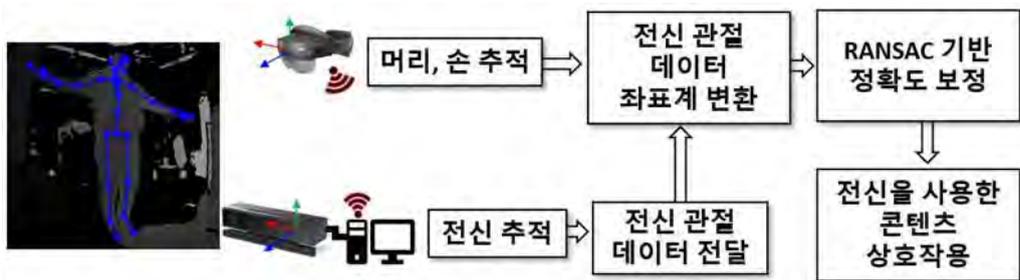
전신 재할 콘텐츠가 홀로렌즈에서 동작하기 때문에 부족한 전신 추적 기능을 보완하기 위해서 키넥트를 활용한다. 키넥트는 Desktop PC에 연결되어 구동되고, 이를 통해 얻은 전신 추적 데이터는 와이파이를 통해서 홀로렌즈로 전달된다.

홀로렌즈와 키넥트가 사용하는 좌표계의 불일치를 해소하기 위해서 전달받은 데이터에 대해 좌표계 변환을 처리한다. 이러한 공간 좌표계 변환은 여러 가지 센서의 누적 오차로 인해서 정확한 변환이 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 RANSAC을 기반으로 한 정확도 보정을 통해서 오차를 줄인다.

이렇게 오차를 줄여 좌표계 변환이 된 전신 관절 데이터를 통해서 AR 몰입형 전신 재할 콘텐츠 상호작용을 수행한다.

3. 전신 관절 인식을 위한 공간 좌표계 변환

PC에서 전달받은 키넥트의 전신 데이터는 홀로렌즈에서 유지하고 있는 3차원 좌표계와 일치하지 않는다. 즉 실제로는 같은 물체를 보더라도 홀로렌즈와 키넥트가 사용하는 위치와 방향은 다르



(그림 1) 다중 센서를 이용한 AR 몰입 콘텐츠 상호작용의 구조

다. 이러한 불일치를 해소하기 위해서 좌표계 변환을 처리한다. 좌표계 변환은 용도 및 상황에 따라 메쉬 특징점 기반 변환, AR 마커 기반 변환, 신체 인식 기반 변환 방법 중 한 방법을 선택하여 활용한다.

3.1 메쉬 특징점 기반 공간 좌표계 변환

홀로렌즈와 키넥트 모두 깊이 카메라 센서를 가지고 있어서 이를 이용하여 공간 인식 및 Mesh 생성이 가능하다. 이 메쉬 구조를 이용해서 서로 다른 좌표계의 융합이 가능하다.

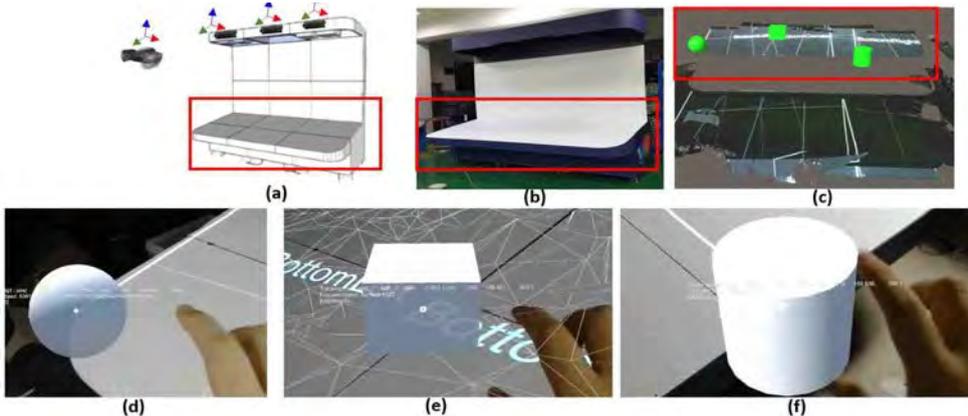
서로 다른 좌표계를 가진 메쉬를 통합하는 방법은 특징점(Feature Point) 정합, Iterative Closest Point(ICP), Sample Consensus(SaC) 등이 있다. ICP는 메쉬의 모든 점을 기준으로 최소의 오차가 발생하도록 변환하므로 정확도를 높일 수 있으나, 많은 CPU 부하와 연산시간이 필요하며, 홀로렌즈와 같은 모바일 장치에서 처리하기에는 부적합하다. SaC는 체험 공간의 Mesh가 기본 Primitive(구, 평면, 실린더 등)와 유사할 경우에만 적용할 수 있다.

본 연구에서는 Mesh에서 공통으로 뽑아낼 수 있는 특징적인 위치를 3개를 지정하고, 이를 기준으로 좌표계 변환을 수행한다. 동일한 위치를 각

각 다른 센서가 자신만의 좌표계로 보았을 때 이 위치들의 Transform 정보를 찾아내고, 이렇게 한 Transform에서 다른 Transform으로 변환되도록 변환행렬을 구함으로써 좌표계 변환이 가능하다. 이를 위해서 특징점은 3D 공간에서 삼각형을 만들어 낼 수 있도록 최소 3개 이상이 필요하다.

특징점은 사용자가 수작업으로 지정하며, 홀로렌즈에서와 키넥트 각각에서 특징점을 지정할 때 동일한 위치를 지정하기 용이하도록 뾰족하게 튀어나오거나, 움푹 들어가거나, 아니면 Texture의 컬러값이 쉽게 구분할 수 있는 것을 지정한다.

키넥트로부터 구성한 메쉬는 홀로렌즈보다 조금 더 많은 Vertex를 가져서 세밀하다. 따라서 특징점을 지정할 경우 상대적으로 세밀하지 않은 홀로렌즈의 메쉬에서 쉽게 구분할 수 있는 위치를 우선한다. 키넥트에서 얻어낸 메쉬 데이터에서 특징점을 사용자가 지정하기 위해서는 Blender와 같은 3D 편집 도구 혹은 Unity3D와 같은 3D 콘텐츠 제작 도구를 이용할 수 있다. 이때 서로 구분하기 쉽게 하기 위해서 (그림 2)와 같이 콘텐츠 체험 공간(a)에 메쉬 특징점 기반 공간 좌표계 변환을 위하여 키넥트의 Mesh에 설정한 특징점(c, 연두색)과 홀로렌즈에서 Hand Interaction으로 대응되는 특징점 위치에 서로 다른 도형이 배치된다. 현



(그림 2) 콘텐츠 공간 메쉬 상에 키넥트와 홀로렌즈의 특징점 배치 예

재 사용하고 특징점 도형은 구(d), 정육면체(c), 실린더(f)를 사용했다.

홀로렌즈는 재부팅이 되거나 시간이 지나 다시 애플리케이션을 실행할 경우 기존의 위치와 같은 위치도 다른 좌표 값으로 표현된다. 따라서 배치된 특징점은 Space Anchor라고 하는 홀로렌즈의 기능을 이용해서 프로그램이 홀로렌즈가 다시 켜졌을 때도 계속 같은 위치에 유지가 될 수 있도록 저장한다.

이 좌표계 변환 방법은 사람이 직접 3D 공간상에 3개의 조절점을 지정하고, 깊이 데이터만 사용하므로, 다른 2개의 방법보다 조금 더 정확할 수는 있지만, 장치별 사람의 수작업이 필요하고, 수작업의 난이도와 숙련도에 따라 오차가 발생할 경우 오히려 오차가 커질 수 있다.

3.2 AR 마커 기반 공간 좌표계 변환

홀로렌즈와 키넥트는 모두 컬러 카메라 센서를 포함하고 있다. AR 마커가 중간 매개체가 되므로 똑같은 마커를 키넥트에서도 인식한 후, 홀로렌즈에서 인식해서 AR 마커의 3차원 좌표를 기준으로 (그림 3)과 같이 좌표계를 융합할 수 있다.

키넥트의 QR Code 좌표를 분석하는 과정은 컬러 공간에서 인식된 QR 코드의 각 위치를 깊이 공간으로 변환한 후, 그것을 다시 신체 인식하는 공간인 카메라 공간으로 변환하여 신체 관절 좌표

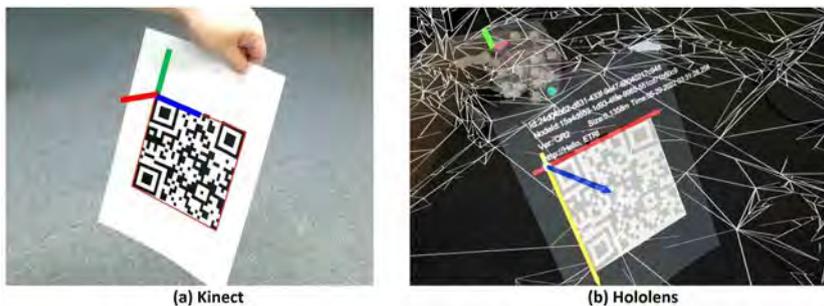


(그림 3) AR 마커 기반 공간 좌표계 변환

계와 동일한 좌표계에서의 키넥트 QR Code Transform을 계산할 수 있다. 홀로렌즈에서도 마찬가지로 컬러 공간에서 인식된 QR Code를 홀로렌즈의 3차원 공간인식 좌표계로 맵핑한 후 홀로렌즈 QR Code Transform을 계산할 수 있다. 이렇게 동일한 QR Code를 이용하여 각각 장치별 계산된 Transform 정보를 이용하여 한 Transform에서 다른 Transform으로 변환하는 행렬을 구할 수 있다.

사용 가능한 AR 마커는 ArUco, ARToolKit, QR Code 등이 있다.

이 방법은 QR Code의 자동 인식 기술을 이용하므로 수작업이 필요하지는 않지만, 키넥트와 홀로렌즈가 동시에 볼 수 있는 위치에 AR 마커를 배치해야 하고, 양 센서에서 위치, 방향을 인식할 수 있을 정도로 AR 마커의 크기가 커야 한다. 또한 AR 마커는 기본적으로 컬러 카메라에서 획득한 영상을 사용하고 그 영상과 대응되는 깊이 데



(그림 4) QR Code 인식을 이용한 Transform 계산

이터를 연동해서 사용하게 되는데 이때 키넥트와 홀로렌즈의 컬러 이미지와 깊이 이미지의 맵핑 관계가 오차를 포함하고 있다. 이러한 이유로 각 공간 맵핑에 따른 오차가 누적된다.

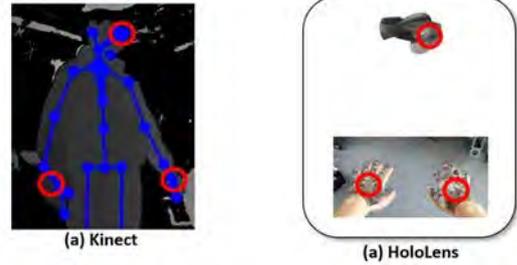
본 연구에서는 여러 가지 AR 마커 중 QR Code 를 인식하고, 이를 기준으로 두 기기 간의 공간 좌표계 변환을 수행하였다. 기기별 QR Code 인식을 통한 Transform 분석의 예시는 (그림 4)와 같다. (a)는 키넥트에서 인식한 QR Code Transform 이고, (b)는 홀로렌즈에서 인식한 Transform이다.

3.3 신체 인식 기반 공간 좌표계 변환

홀로렌즈와 키넥트는 깊이 카메라의 데이터를 기반으로 신체를 인식하는 기능을 제공한다. (그림 5)와 같이 키넥트는 전신을 인식할 수 있고 홀로렌즈는 머리와 양손을 포함한 3개를 인식할 수 있다. 서로 인식하는 위치가 약간의 차이는 있을지 모르지만 두 장치가 각각 대응되는 부분을 인식한다고 할 수 있다.

이렇게 같은 위치 3개를 인식하므로 이를 이용하여 앞서 언급한 3개의 특징점으로 활용할 수 있다. 즉, 인식된 신체 3개의 신체 부위를 이용해서 좌표계를 변환할 수 있다.

본 연구에서는 대응되는 신체 관절 부위로 키넥트는 Head, HandLeft, HandRight 관절을 사용하였고, 홀로렌즈는 AR Camera의 위치, Left Palm, Right Palm 관절을 사용하였다.

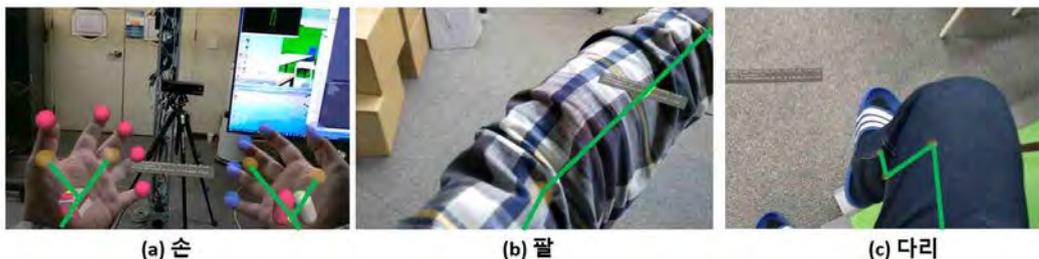


(그림 5) 신체 인식 기반 좌표계 변환 대응 신체 부위

해당 방법은 별도의 수작업, 또는 마커 등 추가적 장치가 필요 없이 정합할 수 있으므로 사용이 편리하다는 장점이 있다. 하지만, 키넥트에서 사용하는 머리와 손, 그리고 홀로렌즈에서 사용하는 머리와 손의 위치가 인식 방법의 차이로 인해 일치하지 않기 때문에 기본적으로 오차를 수반하고 있다. 추가로 신체 추적기술 자체가 오차를 포함하고 많은 떨림을 수반하고 있다. 이렇게 기본적인 신체 부위 인식 차이와, 실시간 트래킹 에러로 인해서 좌표계 변환 오차가 앞의 두가지 좌표계 변환 방법보다 더 크다.

4. RANSAC 기반 좌표계 변환 정확도 보정

위와 같이 키넥트의 전신 정보를 홀로렌즈에서 전달받아 좌표계 변환을 통해 일치시킨 결과는 (그림 6)과 같다. 홀로렌즈의 기본 기능인 손(a) 인식 이외에 팔(b), 다리(c)와 같이 전신 관절이



(그림 6) 홀로렌즈에서 본 전신 관절 정보 연동 결과 (녹색 선)

사용자의 움직임에 따라 연동됨을 확인할 수 있다.

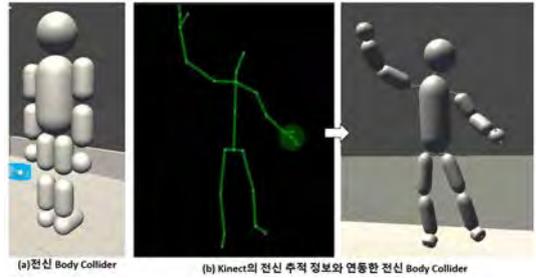
AR 마커기반 좌표계 변환과 신체 인식기반 좌표계 변환 방법은 카메라 등 여러 가지 오차가 중첩되어 오차가 커질 수 있다. 이러한 오차를 보정하기 위하여 본 연구에서는 RANSAC을 적용하였다. 일정 시간 동안 마커 혹은 신체 데이터를 누적하여, 이 중 Outlier를 제외한 데이터의 오차를 최소가 되도록 좌표계 변환행렬을 구한다.

신체 인식기반의 경우 각 관절의 인식 신뢰도가 나오므로 인식 신뢰도를 고려하여 신뢰도가 높은 신체 부분의 경우 가중치를 높게 주고, 신뢰도가 낮은 경우 가중치를 낮게 주어 오차 최소화 기법을 적용한다.

이러한 좌표계 변환행렬 계산은 많은 시스템 자원을 소모하므로 초기 일정 시간 동안 최적화 후 안정화되면 중단하고 그때까지의 좌표계 변환행렬을 고정하여 사용한다.

5. 실험 및 분석

본 연구에서 몰입형 AR HMD 장치로 홀로렌즈



(그림 7) 전신 관절 정보와 연동된 충돌 검사용 Collider

2를 사용했다. 전신 동작인식을 위해 키넥트 2를 Desktop PC에 연결하였다. PC는 Intel Core i9-11900K, RAM 32G를 장착하였으며 운영체제로 Windows 10를 사용하였다. 홀로렌즈 구동 및 콘텐츠 개발 도구로 Unity3D, 키넥트 구동 및 Open CV 구동용으로 MS Visual Studio를 적용하였다. QR Code를 검출하기 위해서 PC에서는 OpenCV를, 홀로렌즈에서는 MS Mixed Reality QR SDK를 활용하였다.

추적된 전신 관절 데이터로 상호작용하기 위해 관절 부위에 (그림 7)과 같이 Collider를 부착하였다. 머리와 손은 구를 Collider로 사용하였고, 몸,



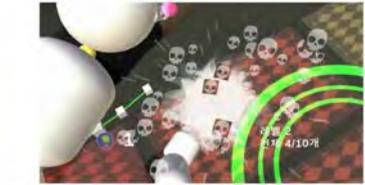
(a) 프로젝터, 홀로렌즈, 키넥트가 연동된 콘텐츠 “썬더펀치”

(b) 홀로렌즈 시점 손에서 쏘아지는 레이저 표현 예

(그림 8) AR 전신 상호작용 기술을 썬더펀치 콘텐츠에 적용한 결과



(a) 다리 충돌을 이용한 몬스터 상호작용 예



(b) 상호작용의 홀로렌즈 시점

(그림 9) 전신 동작을 이용한 AR 재활 콘텐츠 상호작용 결과

상완, 전완, 허벅지, 정강이, 발은 캡슐을 사용하였다. 홀로렌즈의 부담을 덜기 위해 몸 전체를 둘러싸는 구 Collider를 두어 세부 관절 Collider 충돌 체크 이전에 수행하여 대상 물체가 충돌된 경우에만 세부 관절 충돌 체크를 수행하였다.

홀로렌즈와 Desktop PC의 통신을 위해 WiFi를 적용하였으며, 이때 매 Frame마다 생성되는 전신 동작 정보는 속도를 위해 UDP, 콘텐츠 관련 정보의 교환은 안정성을 위해 TCP를 사용하였다.

이러한 홀로렌즈와 키넥트를 연동한 상호작용 실험을 위해 2개의 콘텐츠를 적용하였다. 첫 번째는 대형 다중 프로젝터 연상을 이용하여 몰입감을 주고 키넥트와 홀로렌즈를 이용하여 입체감을 느낄 수 있는 “썬더펀치”[10,11] 콘텐츠를 (그림 8)과 같이 적용하였다. 프로젝터 영상을 출력하기 위한 대형 L자형 디스플레이 장치(a)를 사용하였으며, 이러한 대형 장치형 콘텐츠는 초기 설치 후 이동이 별로 없으므로 수작업으로 미리 세팅하는 것이 유리하다. 따라서 썬더펀치에서 이들 장치간의 좌표계 연동은 메쉬 특징점 기반 공간 좌표계 변환 방법을 사용하였다. 이렇게 함으로써 손에서 쏘아지는 레이저(b)를 입체감 있게 가시화할 수 있다.

두 번째는 뇌졸중 재활 치료용 콘텐츠로써 전신 운동을 재활하기 위한 기능성 콘텐츠에 (그림 9)와 같이 적용하였다. 여러 방향에서 몬스터가 나타나 재활 환자로 다가오면 환자는 이때 몬스터를 피하거나 잡는 동작을 하여 운동 기능을 향상시킨

다. 홀로렌즈는 손을 이용한 상호작용밖에 되지 않으므로 키넥트와 연동하여 전신 동작을 인식함으로써 전신 재활 치료가 가능하다.

6. 결 론

본 연구는 뇌졸중 환자의 재활 치료에 있어서 AR 몰입형 콘텐츠를 전신 상호작용할 수 있는 기술을 소개하였다.

AR 몰입 장치인 홀로렌즈와 전신 동작 인식 장치인 키넥트를 연동하여 전신 상호작용을 제공하는 데에 있어서 각 기기가 서로 다른 공간 좌표계를 사용하므로 이를 일치시키기 위해서 메쉬 특징점 기반 변환 AR 마커 기반 변환 신체 인식 기반 변환 등 세 가지 방법을 제시하였다. 사용자는 이러한 세 가지 방법 중 콘텐츠의 체험 환경을 고려하여 한 가지를 선택하여 활용할 수 있다. 이때 발생하는 오차를 줄이기 위해서 신체 인식의 신뢰도 정보와 RANSAC 기반 최적화 기법을 활용하였다.

본 연구에서 제시한 기술을 통해 보다 안전하고 몰입감을 제공하는 AR 전신 재활 콘텐츠를 서비스할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 한국경제연구원, 저출산 고령화 추이 국제비

교와 시사점, 2021년 3월

- [2] 신서희, “뇌졸중 환자의 재활의료서비스 이용.”, HIRA 정책동향, 제13권, 제3호 pp.72-81, 2019.
- [3] KOLLINS, Scott H., et al. “A novel digital intervention for actively reducing severity of paediatric ADHD (STARS-ADHD): a randomised controlled trial”, The Lancet Digital Health, pp.168-e178, 2020.
- [4] Cramer, Steven C., et al. “Efficacy of home-based telerehabilitation vs in-clinic therapy for adults after stroke: a randomized clinical trial”, JAMA neurology, pp.1079-1087, 2019.
- [5] Maier, Martina, Belén Rubio Ballester, and Paul FMJ Verschure. “Principles of neuro-rehabilitation after stroke based on motor learning and brain plasticity mechanisms”, Frontiers in systems neuroscience, 2019.
- [6] 김덕용, et al. “뇌졸중 재활치료를 위한 한국형 표준 진료 지침”, Brain & Neurorehabilitation, 13:74, 2016.
- [7] Liu, Bailing, et al. “A rapid coordinate transformation method applied in industrial robot calibration based on characteristic line coincidence”, Sensors, 239, 2016.
- [8] Wu, Ming-Long, et al. “An augmented reality system using improved-iterative closest point algorithm for on-patient medical image visualization”, Sensors, 2505, 2018.
- [9] Garon, Mathieu, et al. “Real-time high resolution 3D data on the HoloLens.” 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct). IEEE, 2016.
- [10] 박수란, et al. “편칭 제스처를 이용한 프로젝션 기반 가상 체험 시스템”, 한국 HCI 학회

학술대회, pp.847-849, 2017.

- [11] Kim, Daehwan, et al. “ThunderPunch: A bare-hand, gesture-based, large interactive display interface with upper-body-part detection in a top view”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.100-111, 2018.

저자약력



김 항 기

이메일 : hangkee@etri.re.kr

- 1999년 경북대학교 컴퓨터과학과 (학사)
- 2001년 경북대학교 컴퓨터과학과 (석사)
- 2001년~현재 한국전자통신연구원 VR/AR콘텐츠연구실 책임연구원
- 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, VR/AR, Bio, 의료



이 동 춘

이메일 : bluepine@etri.re.kr

- 1999년 경북대학교 컴퓨터공학과 (학사)
- 2001년 경북대학교 컴퓨터공학과 (석사)
- 2001년~현재 한국전자통신연구원 VR/AR콘텐츠연구실 책임연구원
- 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, VR/AR, Bio, 의료



이 기 석

이메일 : mvr_lks@etri.re.kr

- 1999년 성균관대학교 제어계측 공학과 (학사)
- 2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (석사)
- 2001년~현재 한국전자통신연구원 VR/AR콘텐츠연구실 실장
- 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, VR/AR, Bio, 의료



백 낙 훈

이메일 : oceancru@yahoo.co.kr

- 1990년 한국과학기술원 전산학과 (학사)
- 1992년 한국과학기술원 전산학과 (석사)
- 1997년 한국과학기술원 전산학과 (박사)
- 1997년 George Washington University, Visiting Scholar
- 1998년 경북대학교 전자전기공학부 초빙교수
- 2004년~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 교수
- 관심분야: 모바일 그래픽스, 병렬컴퓨팅, 실시간 그래픽 및 특수효과



김 대 환

이메일 : daehwankim@ulsan.ac.kr

- 2002년 동국대학교 컴퓨터멀티미디어공학과 (학사)
- 2004년 POSTECH 컴퓨터공학과 (석사)
- 2011년 POSTECH 컴퓨터공학과 (박사)
- 2012년~2022년 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2022년~현재 울산대학교 IT융합전공 교수
- 관심분야: 컴퓨터비전, 머신러닝, 인공지능, HCI, 가상현실, 증강현실