



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2021년 8월  
박사학위논문

# MR 기반 한의학 침술교육을 위한 시스템 개발

조선대학교 대학원

정보통신공학과

류 창 주

# MR 기반 한의학 침술교육을 위한 시스템 개발

Development of System for Korea Medicine  
Acupuncture Education based on MR

2021년 8월 27일

조선대학교 대학원

정보통신공학과

류 창 주

# MR 기반 한의학 침술교육을 위한 시스템 개발

지도교수 한 승 조

이 논문을 공학박사학위신청 논문으로 제출함

2021년 4월

조선대학교 대학원

정보통신공학과

류 창 주



## 류창주의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 변재영 印

위원 조선대학교 교수 권구락 印

위원 조선대학교 교수 김영식 印

위원 순천대학교 교수 김응곤 印

위원 조선대학교 교수 한승조 印

2021년 6월

조선대학교 대학원

## 목 차

ABSTRACT .....	xiv
제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적 .....	1
제 2 절 연구의 범위 및 구성 .....	3
제 2 장 관련연구 .....	4
제 1 절 가상현실기술 .....	4
1. 가상현실 .....	4
2. 증강현실 .....	5
3. 혼합현실 .....	5
4. 가상현실과 증강현실의 구분 .....	5
제 2 절 가상훈련 시스템 .....	6
1. 가상훈련 시스템 기술 .....	6
제 3 절 가상현실 디바이스 .....	8
1. 가상현실 디스플레이 장치 .....	8
2. 가상현실 인터랙션 장치 .....	11
제 4 절 에듀테크 .....	15
1. 에듀테크 .....	15
2. 에듀테크 시장동향 .....	15
3. 메디컬 에듀테크 .....	17

제 5 절	한 의 과 대 학 교 육 현 황 .....	20
1.	한 의 학 교 육 체 계 .....	20
2.	한 의 학 교 육 현 황 .....	21
3.	한 의 학 교 육 관 련 연 구 .....	23
제 3 장	제 안 하 는 한 의 학 침 술 교 육 시 스템 .....	25
제 1 절	시 스템 구 성 .....	25
1.	데 이 터 흐 름 도 .....	26
2.	시 스템 환 경 .....	27
제 2 절	표 준 인 체 모 형 .....	31
1.	FRP 소 재 인 체 모 형 제 작 .....	31
2.	실 리 콘 소 재 인 체 모 형 제 작 .....	31
3.	3D 인 체 모 형 제 작 .....	32
제 3 절	침 술 컨 트롤 러 .....	37
1.	침 술 컨 트롤 러 구 성 .....	37
2.	컨 트롤 러 신 호 감 지 시뮬 레 이 션 .....	46
제 4 절	트 래 커 .....	56
1.	트 래 커 설 계 .....	56
2.	트 래 커 신 호 감 지 시뮬 레 이 션 .....	57
제 5 절	한 의 학 교 육 컨 텐 츠 .....	70
1.	컨 텐 츠 프 로 세 스 구 성 .....	70

제 4 장	성능평가 .....	75
제 1 절	성능평가 환경 .....	75
제 2 절	평가 시나리오 .....	77
1.	평가 시료 .....	77
2.	성능평가 항목 및 성능평가 방법 .....	77
제 3 절	성능평가 결과 .....	79
1.	한의학 침술교육 시스템의 성능평가 결과 .....	79
제 4 절	컨텐츠 적정성 평가 .....	89
1.	평가 그룹 구성 및 평가 가이드라인 작성 .....	89
2.	컨텐츠 적정성 평가 .....	91
3.	컨텐츠 적정성 평가 결과 .....	92
제 5 장	결  론 .....	93
참 고 문 헌	.....	95

## 그림 차례

그림 2-1 가상훈련 시스템의 구성 .....	6
그림 2-2 최초의 HMD .....	8
그림 2-3 스마트폰 거치형 HMD 장치 .....	9
그림 2-4 독립형 HMD 장치 .....	10
그림 2-5 유선형 HMD 장치 .....	11
그림 2-6 핸드 트래커 장치 .....	12
그림 2-7 컨트롤러 장치 .....	13
그림 2-8 트레드밀 장치 .....	13
그림 2-9 세계 교육시장 규모 추세 및 에듀테크 시장 규모 .....	15
그림 2-10 주요 분야별 AI 도입 현황과 전망 .....	16
그림 2-11 교육 분야의 주요 기술 시장 전망 .....	16
그림 2-14 한의학 인체모형 .....	21
그림 2-15 한의학 침술교육 현황 .....	22
그림 2-16 한의학융합연구정보센터에서 제공하는 표준경혈DB .....	23
그림 3-1 전체 시스템 구성 개념도 .....	25
그림 3-2 데이터 흐름도 .....	26
그림 3-3 제안하는 시스템 환경 .....	27
그림 3-4 Base Station 동작 .....	28
그림 3-5 Base Station 분해도 .....	29
그림 3-6 HMD 분해도 .....	30

그림 3-7 FRP 소재 인체모형 .....	31
그림 3-8 실리콘 소재 인체모형 .....	32
그림 3-9 3D 인체모형 데이터 제작 및 데이터 정합 과정 .....	32
그림 3-10 FRP 인체모형 경혈점 마킹 .....	33
그림 3-11 FRP 인체모형 3D스캐닝 .....	34
그림 3-12 실리콘 인체모형 3D스캐닝 .....	34
그림 3-13 인체모형 3D 모델링 .....	35
그림 3-14 3D 경혈점 데이터 .....	36
그림 3-15 컨트롤러 도면 .....	37
그림 3-16 초기버전 외관 디자인 .....	38
그림 3-17 초기버전 부품 디자인 설계 .....	38
그림 3-18 메인회로 및 회로도 및 센서부 PCB .....	39
그림 3-19 케이스 3D 모델링 및 프린팅 .....	40
그림 3-20 프로토타입 제작 .....	41
그림 3-21 컨트롤러 개선을 위한 스케치 및 최종 디자인 설계 .....	42
그림 3-22 개선된 컨트롤러의 부품 설계 .....	43
그림 3-23 개선된 컨트롤러의 회로 설계 및 제작 .....	44
그림 3-24 최종 개발 컨트롤러 .....	44
그림 3-25 Vive 컨트롤러 분해도 .....	46
그림 3-26 1개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	47
그림 3-27 1개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	48
그림 3-28 3개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	48

그림 3-29 3개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	49
그림 3-30 5개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	50
그림 3-31 5개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	51
그림 3-32 7개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	51
그림 3-33 7개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	52
그림 3-34 9개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	53
그림 3-35 9개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	54
그림 3-36 최종 침술 컨트롤러 트래커 센서 부착 위치 .....	54
그림 3-37 침술 컨트롤러 트래커 센서 코딩 .....	55
그림 3-38 트래커 디자인 설계 및 3D 모델링 .....	56
그림 3-39 제작 트래커 .....	57
그림 3-40 2개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	58
그림 3-41 2개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	59
그림 3-42 4개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	59
그림 3-43 4개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	60
그림 3-44 6개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	61
그림 3-45 6개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	62
그림 3-46 8개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	62
그림 3-47 8개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	63
그림 3-48 10개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	64
그림 3-49 10개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	65
그림 3-50 12개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	65

그림 3-51 12개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	66
그림 3-52 14개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션 .....	67
그림 3-53 14개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 .....	68
그림 3-54 최종 인체모형 트래커 센서 부착 위치 .....	69
그림 3-55 인체모형 트래커 센서 코딩 .....	69
그림 3-56 콘텐츠 프로세스 구성 .....	70
그림 3-57 경혈 학습 및 평가 인터페이스 .....	71
그림 3-58 경혈 학습 콘텐츠 .....	71
그림 3-59 증상별 경혈 훈련 콘텐츠 .....	72
그림 3-60 경혈 평가 콘텐츠 .....	73
그림 4-1 평가 시료 .....	77
그림 4-2 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정 성능평가 .....	80
그림 4-3 온도변화 및 온습도 실험 프로파일 및 실험 전, 후 품목 .....	87
그림 4-4 진동 실험 설치 및 프로파일, 실험 전, 후 품목 .....	88
그림 4-5 콘텐츠 적정성 평가 .....	91



## 표 차 례

표 2-1 주요 메디컬 증강현실 솔루션 사례 .....	18
표 2-2 주요 메디컬 가상현실 솔루션 사례 .....	19
표 4-1 측정 PC 사양 .....	75
표 4-2 측정 HMD 사양 .....	75
표 4-3 고온고습, 온도변화 평가장비 Spec .....	76
표 4-4 진동 평가장비 Spec .....	76
표 4-5 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정 성능평가 결과 .....	79
표 4-6 경혈 콘텐츠 모션 인식률 성능평가 결과 .....	81
표 4-7 콘텐츠 연동 렌더링 속도 성능평가 결과 .....	85
표 4-8 방진방수 실험 조건 .....	88
표 4-9 평가 그룹 구성 .....	89
표 4-10 평가 가이드라인 작성 .....	90
표 4-11 콘텐츠 적정성 평가 결과 .....	92

## ABSTRACT

### Development of System for Korea Medicine Acupuncture Education based on MR

Ryu Chang-ju

Advisor : Prof. Han Seung-jo Ph.D

Department of Info. & Comm. Engineering,  
Graduate School of Chosun University

With the recent development of the 4th industrial revolution, virtual reality and augmented reality technologies have come to the front. As a result the number virtual reality content users and the virtual reality market size are gradually growing. Technology utilizing virtual reality has no limitations on time and space. Thus various actions can be performed repeatedly in real-life situations, and certain situations can be implemented virtually. The application of virtual reality can be pragmatic in various fields, including medical, safety, fire fighting, military training, and education. Currently, medical education is not just knowledge acquisition, but hands-on education. The development of advanced digital technologies is changing to enable physical learning effects in virtual spaces. However, in the case of oriental medicine education, a traditional Korean medicine, there is no standardized model to evaluate medical

technology objectively. Therefore, medical treatment education and training based on individual awareness are being conducted.

In this paper, we propose an acupuncture education system that includes acupuncture education and training content. This education system would ensure fairness and objectivity in clinical education in life-handling medical fields and reduce the possible risk to patients. The proposed system includes an acupuncture training dummy linked to MR content, acupuncture controller linked to MR content, tracker, control interface software for content linkage, and oriental medicine education content.

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경 및 목적

최근 4차 산업혁명 기술의 발전과 더불어 가상, 증강현실 기술이 화두에 오르며 가상현실 콘텐츠의 이용자 증가 및 가상현실 시장 규모가 점진적으로 커지고 있는 추세이다. 가상현실은 인공현실, 가상환경, 가상공간 등으로 불리우고 있으며, 컴퓨터에 의해 생성된 가상의 3차원 공간으로 인간이 현실 세계를 대하는 것처럼 상호 작용 할 수 있는 공간을 의미한다 [1,2]. 상호 작용성은 인간의 오감을 통해 가상 공간상의 객체를 인식하고 손이나 발 등 신체 일부분을 이용하여 객체에 어떤 행동을 가할 수 있는 것을 의미한다. 현재 상호 작용성을 기반으로 한 가상현실 IT 기술과 다양한 분야의 콘텐츠 접목이 주목을 받고 있으며 이러한 융합기술의 고도화로 가상현실 기기의 발달 및 가상현실 콘텐츠 시장도 점진적으로 발전하고 있다.

특히 가상현실을 활용한 기술은 시간 및 공간에 대한 제한 없이 실제와 같은 상황에서 다양한 행위를 반복적으로 실시 할 수 있고 특정 상황을 가상으로 구현 할 수 있어 의료, 안전, 소방, 군사 훈련, 교육 등 다양한 분야에서 적용되고 있다 [3]. 다양한 연구결과에 따르면 가상현실 기술을 통해 반복적으로 훈련을 받은 집단과 기존 교육방식을 고수한 집단을 비교한 결과 훈련을 받은 집단의 행동이 효율적이며 오류가 감소한 것으로 나타났다 [4-6].

다양한 연구결과를 통해 전통적 교육방식인 이론 및 주입식 교육은 점진적으로 AI, AR/VR, 블록체인 등의 기술이 접목된 체험형 교육으로 변화하고 있으며 에듀테크(EduTech)가 주목을 받고 있다. 가상, 증강현실 기술의 발전으로 피교육자는 과거에는 존재하지 않던 형태의 초실감 교육을 접할 수 있고 4D 세계와 상호작용 콘텐츠 기반의 교육이 가능하며 모바일과 사물 인터넷 기술의 발전으로 양질의 초실감형 교육을 받을 수 있는 에듀테크의 성장성이 높게 전망되고 있다 [7].

현재 의학교육은 단순 지식 습득이 아닌 실감 체험형 교육으로 ‘의사가 알아야 할 지식’을 전달하는 방식에서 벗어나 ‘의사가 하는 일’을 교육하는데 초점을 맞추고 있으며, AR, VR 및 MR 등 e-러닝 시장을 이끄는 첨단 디지털 기술의 발전으로 가상공간에서도 실제와 같은 학습효과가 가능하도록 변화하고 있다. 이러한 변화는 전통적인 강의 일변도의 교육에서 탈피하여 구체적인 임상 기술을 전달할 수 있는 교육이 병행되어야 함을 역설하고 있으며 특히 생명을 다루야 하는 의학교육 및 의료현장에서 디지털 기술을 이용한 실감 체험형 학습의 중요도는 더욱 높아지고 있다. 하지만 대한민국의 전통 의학인 한의학 교육의 경우 의료기술을 객관적으로 평가할 수 있는 표준화된 모델의 부재로 개인의 감에 의지한 의료기술 교육 및 훈련이 이뤄지고 있으며, 실제 인체 대상 훈련이 이뤄지기 어렵고 이에 따른 기술 숙달 훈련이 부족하여 실제 의료 현장을 대비한 능숙한 기술 보유가 어려운 상황이다.

국내 한의학 교육계에서는 침술을 훈련하고 평가하기 위한 모형 및 시뮬레이터가 개발된 바가 없어 학우간의 상호 신체를 대상으로 실습과 평가가 이루어지는 등 침습적이며 객관적이지 못한 수준에서 침술 교육이 진행되고 있고 이는 다양한 한방 의료 분쟁 급증으로 이어지는 주요 원인으로 분석된다. 본 논문에서는 생명을 다루는 의료분야에서 임상교육에 대한 공정성과 객관성을 확보하고, 환자에게 발생할 수 있는 위험부담을 줄일 수 있는 침술 교육 및 훈련과 교육 콘텐츠를 포함하는 침술교육 시스템을 제안한다.

## 제 2 절 연구의 범위 및 구성

본 연구에서는 가상현실을 기반으로 한 상호작용형 침술 컨트롤러 및 MR 콘텐츠를 개발하기에 앞서 2장 관련연구에서 가상현실 및 가상현실을 이용한 교육 동향에 대한 배경이론을 연구하고 현재 상용중인 가상현실 디바이스 및 한의학 교육 동향에 대해 분석한다. 3장에서 제안하는 한의학 침술교육 시스템의 구성과 제작 인체모형, 개발 침술컨트롤러 트래커 및 인체모형 트래커, 한의학 교육 콘텐츠에 대해 기술한다. 4장에서는 제안하는 시스템의 성능평가 및 컨트롤러의 환경신뢰성 평가를 진행한다. 제안하는 시스템의 성능평가는 인체모형과 경혈점 데이터의 정합도, 경혈 콘텐츠의 모션 인식률, 콘텐츠 연동 렌더링 속도 측정이며, 컨트롤러의 환경 신뢰성 평가는 고온고습, 온도변화, 진동, 방수 성능평가를 진행한다.

본 연구는 한의학 교육을 위한 침술 컨트롤러 및 한의학 교육용 MR 콘텐츠 개발로 상호작용형 MR 기반 사용자 중심 침술 훈련을 위한 3D 인체모형 및 침술컨트롤러를 제안한다. 제안하는 시스템은 MR 콘텐츠와 연동되는 침술훈련용 인체모형과 MR 콘텐츠와 연동되는 침술 모사 컨트롤러, 인체모형과 컨트롤러, 콘텐츠 연동을 위한 제어 인터페이스 SW, 한의학 교육 콘텐츠로 구성된다.

## 제 2 장 관 련 연 구

### 제 1 절 가상현실기술

가상현실 기술은 인간의 상상에 의한 공간과 사물을 컴퓨터상에서 가상으로 구축하고 시각, 청각, 촉각 등 인간 오감을 활용한 상호작용을 통하여 공간적, 물리적 제약에 의해 현실세계에서는 직접 경험하지 못하는 상황을 간접 체험할 수 있도록 하는 기술로 사용자에게 현실과 가상세계의 구분 없이 몰입감을 제공할 수 있도록 실사와 그래픽을 합성해 가상공간을 구축할 수 있다. 가상현실 기술의 핵심 애플리케이션 영역은 게임, 엔터테인먼트 내비게이션, 보건의료, 엔지니어링, 디자인, 건축 및 인테리어 디자인, 상업, 교육, 미디어, 군대, 우주 항공 및 국방, 기타 전문 교육 등으로 다각화 되고 있다 [8,9].

#### 1. 가상현실

가상현실(Virtual Reality, VR)은 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터로 구현하여 사용자가 마치 실제 주변 상황이나 환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 인간-컴퓨터 사이의 인터페이스를 의미하며 실체가 아닌 어떤 특정한 환경이나 상황 혹은 그 기술 자체를 의미한다. 이때 만들어진 가상의 환경이나 상황 등은 사용자의 감각을 자극하며 실제와 유사한 시간적, 공간적 경험을 할 수 있으며, 디바이스를 이용하여 다양한 활동을 하며 가상현실 속에 구현된 것들과 상호작용이 가능하다.

## 2. 증강현실

증강현실(Augmented Reality, AR)은 사용자가 눈으로 보는 현실세계 이미지나 배경에 3차원 가상 이미지를 겹쳐 하나의 영상으로 보여주는 기술로 현실세계에 실시간으로 부가정보를 갖는 가상세계를 합쳐 하나의 인터페이스로 제시하는 것을 말한다. 이는 가상현실의 한 분야로 실제로 존재하는 환경에 가상의 사물이나 정보를 합성하여 마치 원래의 환경에 존재하는 사물처럼 보이도록 하는 컴퓨터 그래픽으로 디지털 미디어에서 빈번하게 사용된다.

## 3. 혼합현실

혼합현실(Mixed Reality, MR)은 1994년 폴 밀그램이 처음 제시한 개념으로 현실 환경과 가상 환경 사이에서 증강 현실과 증강 가상의 혼합으로 설명하였으며, 현실과 가상을 결합하여 실물과 가상 객체들이 공존하는 새로운 환경을 만들고 사용자가 해당 환경과 실시간으로 상호작용을 함으로써 다양한 디지털 정보들을 보다 실감나게 체험할 수 있도록 하는 기술이다.

## 4. 가상현실과 증강현실의 구분

가상현실은 현실에서 존재하지 않는 환경에 대한 정보를 디스플레이 및 렌더링 장비를 통해 사용자로 하여금 볼 수 있게 하는 기술로 이미 제작된 2차원, 3차원 기반을 사용하므로 사용자가 현실감각을 느낄 수는 있지만 현실과 다른 공간 안에 몰입하게 된다.

증강현실은 가상현실과는 달리 사용자가 현재 보고 있는 환경에 가상 정보를 부가해 준다는 형태로 가상현실이 현실과 접목되면서 변형된 형태 중 하나이다. 디스플레이를 통해 모든 정보를 보여준다면 이는 가상현실이며, 외부 투영장치를 통해 정보를 제공한다면 이는 증강현실이다 [10].



## 제 2 절 가상훈련 시스템

가상훈련시스템은 고비용, 고위험을 동반한 사회 전반적인 다양한 훈련을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 수행할 수 있도록 고안된 시스템으로 가상현실 기술은 시뮬레이션을 통해 생성해 낸 가상의 훈련환경을 사용자에게 전달하기 위한 효과적 수단으로 가상훈련 시스템의 필수 요소이다.



그림 2-1 가상훈련 시스템의 구성(출처 : 한국통신학회지)

### 1. 가상훈련 시스템 기술

가상훈련환경 구축기술은 가시화와 시뮬레이션을 위한 데이터를 제공하며, 이를 통해 사용자는 가상훈련 환경을 바라보게 되고, 인터랙션 기술을 통해 훈련환경 내에서 상호작용한다. 시뮬레이션 기술을 통해 사용자 상호작용 정보를 바탕으로 결과를 생성하며 이 데이터는 다시 가시화기술에 전달되어 변경된 가상환경을 가시화하게 된다. 가시화, 인터랙션, 시뮬레이션은 시스템이 진행되는 동안 실시간으로 수행된다 [11-13].

## 가. 가상훈련 환경 구축기술

가상훈련환경 구축기술은 현실감 있는 가상공간을 재현하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어 리소스를 생성하는 기술로, 하드웨어 제작 기술은 물론 3D 스캐너를 통한 객체 모델링과 라이다를 이용한 공간 모델링, 시뮬레이션을 위한 물성모델링 등을 포함한다.

## 나. 가상훈련 환경 가시화기술

가상의 훈련환경을 사용자에게 시각적으로 전달하는 기술로 모니터나 프로젝터 형태로부터 오클러스의 오클러스리프트와 마이크로소프트의 홀로렌즈로 대표되는 HMD(Head Mount Display)와 실시간 3D 영상 렌더링 기술의 범주를 포함한다.

## 다. 가상훈련 환경 인터랙션 기술

사용자가 가상훈련 환경과 소통하게 해주는 기술로 컨트롤러 형태의 조작, 몸동작 및 음성인식, 햅틱 피드백, 모션 플랫폼 제어 등의 범주를 포함한다.

## 라. 가상훈련 환경 시뮬레이션 기술

사용자의 입력이 가상환경에 발생시키는 변화를 소프트웨어적으로 시뮬레이션하여 실제와 유사한 작동성을 제공하거나 훈련효과를 높이기 위한 시나리오를 제공하는 기술로 사용자 입력에 대한 훈련진행 등의 범주를 포함한다.

## 제 3 절 가상현실 디바이스

### 1. 가상현실 디스플레이 장치

최초의 HMD는 1968년 하버드 대학 교수 이반 에드워드 서덜랜드가 개발한 것으로 두 개의 모니터를 장착해 3차원 그래픽을 CRT 모니터를 사용하여 디스플레이를 통해 표현하는 방식으로 많은 광학렌즈를 필요로 하였고, 시야각은 40도로 HMD를 천장이나 책상에 고정시켜 사용하였다.

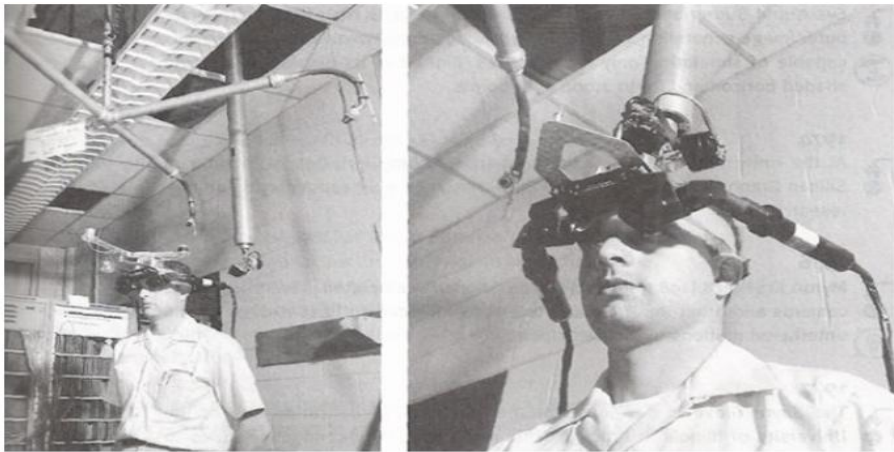


그림 2-2 최초의 HMD

출처 : JPR(John Peddie Research)

1990년대로 들어오면서 LCD 기술이 발전하게 되고, 2010년 레티나 디스플레이의 출현으로 HMD 디스플레이 패널 기술은 빠른 속도로 발전하게 되며 실제 눈에 비치는 영상의 크기를 광학렌즈를 통해 조절하는 방식을 선택함으로써 최초의 HMD보다 고해상도 디스플레이와 가벼운 무게의 현재 HMD로 발전하였다.

HMD 기술은 가상현실 시스템에 연계된 입출력 정보를 통합하여 사용자에게 제시할 콘텐츠 정보를 시뮬레이션 하는 운영부, 시각 정보를 출력하는 영상 출력부, 영상 출력부의 이미지가 사용자의 시야 범위 내에서 확대된 크기의 가상 스크린 이미지로 인식 될 수 있도록 처리하는 영상 확대부, 가상과 현실 세계가 양방향으로 정보를 교환하기 위한 상호작용 처리부로 구성되어 있다.

### 가. 스마트폰 거치형 HMD 장치

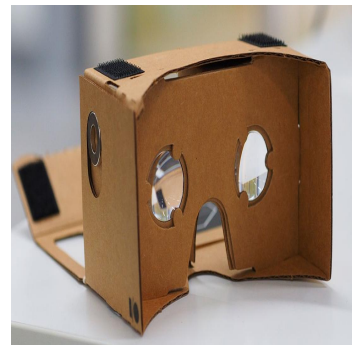
스마트폰 거치형 HMD는 무선으로 착용 후 활동에 제약이 적고 가격이 저렴하다는 장점이 있지만, 배터리를 사용하기 때문에 사용시간에 제약이 있고, 스마트폰의 해상도에 따라 화질이 좌우되는 단점이 있다. 대표적인 스마트폰 거치형 HMD로는 구글 Daydream, 삼성 Gear VR, 구글 Cardboard 등을 들 수 있다.



구글 Daydream



삼성 Gear VR



구글 Cardboard

그림 2-3 스마트폰 거치형 HMD 장치(출처 : Google, 삼성전자)

스마트폰을 내장시키는 형태의 HMD들은 모든 스마트폰을 사용할 수 있는 것이 아닌 OLED 디스플레이, 헤드 트래킹을 위한 3축 자이로스코프, 고성능의 프로세서를 탑재한 HMD가 지원 가능한 기종만을 사용할 수 있다.

## 나. 독립형 HMD 장치

자체 프로세서 및 디스플레이를 탑재하는 독립형 무선 HMD는 스마트폰과 비슷한 사양의 디스플레이를 제공하고 ARM 아키텍처 계열의 프로세스를 사용하며 추가적인 기능을 위한 센서를 장착하여 가상현실에서 사용되고 있다. 대표적인 독립형 HMD로는 페이스북의 Oculus Quest와 HTC사의 Vive Focus등을 들 수 있다.



Oculus Quest



HTC Vive

그림 2-4 독립형 HMD 장치(출처 : 페이스북, HTC)

독립형 HMD 장치는 별도의 PC나 고성능 스마트폰 없이 저렴한 가격대로 가상현실 콘텐츠를 경험 할 수 있는 장점이 있다.

## 다. 유선형 HMD 장치

유선 HMD 장치는 자체 프로세서를 가지고 있지 않기 때문에 PC 혹은 게임 콘솔 등에서 입체영상 생성을 위한 3D 연산 및 양안 영상 생성과정을 처리 한 후 디스플레이 장치만 장착된 HMD 장치로 영상을 유선으로 전송하는 방식으로 가상현실 입체 콘텐츠가 구동된다. 유선형 HMD 장치는 HMD와 PC를 연결하는 선 때문에 HMD 착용 후에 움직임에 제약이 있으나, PC의 높은 연산 성능을 사용하기 때문에 현실감을 높이기 위하여 계산량이 많이 요구되는 장면의 생성이 가능하고, 전원을 유선으로 공급받기 때문에 사용시간에 제한이 없다는 장점이 있다. 대표적인 유선형 HMD로는 Vive Pro와 Pimax 8K VR 등이 있다.



Vive Pro



Pimax 8K VR

그림 2-5 유선형 HMD 장치(출처 : HTC, Pimax)

현재 HMD에는 휴대폰 부품 산업을 기반으로 수급이 용이한 약 5~6인치 크기의 영상 패널 부품을 활용하여 약 100° 내외의 시야각을 구현한 확대 광학계가 적용되고 있다. 영상 확대 기술을 적용하는 HMD는 가상 이미지에서 단위 면적당 출력되는 영상 화소의 수가 감소하기 때문에 수백 PPI 이상으로 최대한 높은 해상도를 출력하는 영상 패널 부품을 적용한다. 고해상도에 따른 전력 소모와 데이터 처리량의 증가는 부담으로 작용하기 때문에 fullHD(1920×1080) 수준의 해상도를 가진 영상을 양안에 독립적으로 제시하는 수준이다.

영상 패널의 화소-활성화 정도 때문에 발생하는 화소 사이의 간격이 두드러져 보이는 현상을 단위 화소의 배치 패턴을 변화시켜 화소-활성화 정도를 높이거나 광확산 필터를 추가해서 감소시킴으로 부드러운 영상 이미지가 제공되도록 한다.

## 2. 가상현실 인터랙션 장치

가상현실 기반 실감 콘텐츠의 현실감을 높이기 위해서는 직관적인 실시간 인터랙션이 가능해야 하며 이러한 인터랙션이 가능하기 위해서는 사용자의 손, 발, 시선의 움직임을 추적하고 이들의 움직임을 입력신호로 처리할 수 있는 장치들이 요구된다 [14-18].

## 가. 입력장치

입력장치는 손의 움직임을 추적하는 핸드 트래커 장치, 가상현실에 적용할 수 있도록 변형된 게임 컨트롤러 장치, 발의 움직임을 추적할 수 있는 트레드밀 장치로 구분 할 수 있다.

### (1) 핸드 트래커 장치

핸드 트래커 장치는 몸에 착용하는 형태와 적외선 카메라 등을 이용하여 손가락의 움직임을 추적하는 형태로 구분된다. 대표적인 핸드 트래커 장치로는 Senso Glove와 Myo, Leap Motion 등이 있다.



Senso Glove



Myo



Leap Motion

그림 2-6 핸드 트래커 장치(출처 : Senso Glove, Myo, Leap Motion)

### (2) 게임 컨트롤러 장치

가상현실 컨트롤러는 양손에 착용하는 한 쌍으로 구성되며 적외선 센서에 의해 트래킹 된다. 가상현실 컨트롤러는 손의 위치에 따라 상호작용 할 수 있는 대상체를 선택하고 컨트롤러의 다양한 버튼을 누름으로써 각 버튼에 해당하는 상호작용을 수행한다. 대부분의 가상현실 HMD 장치와 같이 제공되는 컨트롤러는 형태는 다르나 유사한 기능을 포함한다. 대표적인 컨트롤러 장치로는 HTC Vive, Google DayDream, Oculus Touch 등이 있다.





HTC Vive



Google DayDream



Oculus Touch

그림 2-7 컨트롤러 장치(출처 : HTC Vive, Google DayDream, Oculus Touch)

### (3) 트레드밀 장치

트레드밀(treadmill) 장치는 전용 신발을 착용하고 전용 지지대 위에 올라가서 걷거나 뛰는 동작을 통하여 사용자의 움직임을 입력하는 장치로 신발 밑창에 있는 롤러의 움직임을 통하여 사용자의 움직임 정도와 방향이 인식되는 원리로 사용된다. 대표적인 트레드밀 장치로는 Virtuix Omni, Cyberith Virtualizer, Kat Walk Mini 가 있다.



Virtuix Omni



Cyberith Virtualizer



Kat Walk Mini

그림 2-8 트레드밀 장치(출처 : Virtuix Omni, Cyberith Virtualizer, Kat VR)



## 나. 출력장치

다중 감각 출력장치는 영상 정보, 햅틱 모터에 의한 촉각 정보에 추가적으로 후각이나 온도, 습도 등의 정보를 사용자에게 제공하는 장치이다. 출력 기술은 정보를 인지하는 기본 감각인 시각을 통한 정보 전달을 위한 가상현실의 핵심 기술이며 영상 출력 인터페이스 기술로 발전하고 있고 후각이나 온도, 습도를 포함한 다중 인터페이스 기술로 발전하고 있다.

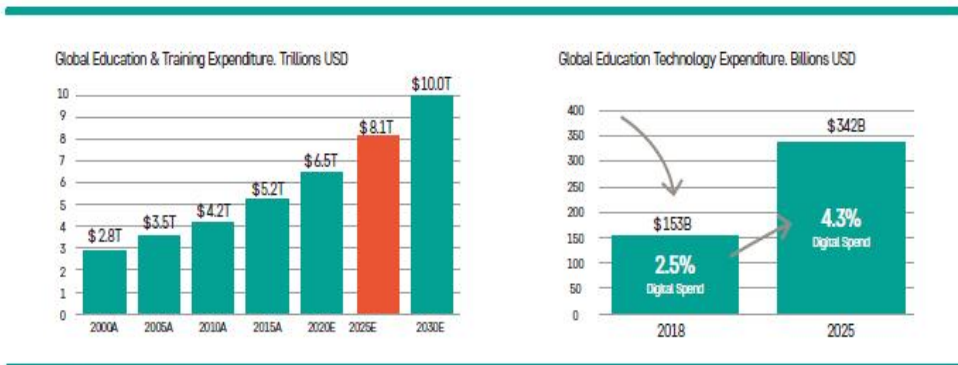
## 제 4 절 에듀테크

### 1. 에듀테크

에듀테크는 교육(Education)과 기술(Technology)의 합성어로 교육에 ICT 기술을 접목해 기존 서비스를 개선하거나 새로운 서비스를 제공하는 것 또는 교육 서비스를 개선하거나 새로운 가치를 제공하는데 활용되는 기술을 의미한다 [19,20].

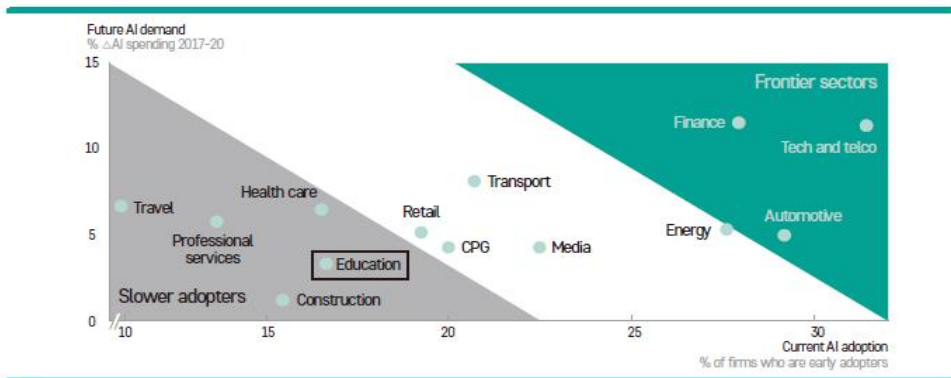
### 2. 에듀테크 시장동향

세계 교육시장은 2020년 6조 5천억 달러 수준에서 2025년 8조 1천억달러, 2030년에는 10조 달러에 도달할 것으로 전망되고 있다. 이중 에듀테크 시장은 높은 성장률을 보이고 있으며, 2018년 1530억 달러에서 2025년 3420억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 예측되고 있다.



※ 자료 : Holon IQ(2020.1.28.)

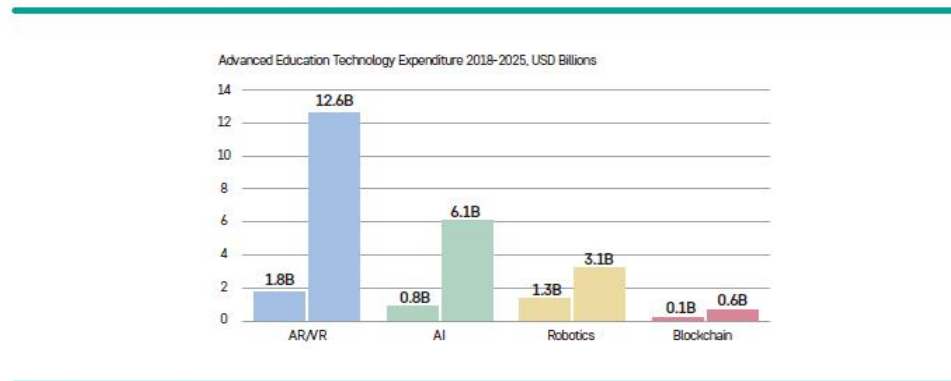
그림 2-9 세계 교육시장 규모 추세 및 에듀테크 시장 규모



※ 자료 : McKinsey Global Institute(2018)

그림 2-10 주요 분야별 AI 도입 현황과 전망

2018년 전체 교육 시장에서 에듀테크가 차지하는 비중은 전체 시장의 2.5%에 불과하며, 2025년에도 4.3%에 그칠 것으로 전망됨으로 교육 분야의 디지털 전환이 다른 분야에 비해 상대적으로 늦게 진행되고 있음을 알 수 있다. 또한 교육 분야의 AI 도입율도 다른 분야에 비해 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다.



※ 자료 : Holon IQ(2020.1.28.)

그림 2-11 교육 분야의 주요 기술 시장 전망

에듀테크에 적용되는 주요 기술은 AR/VR, AI, 로봇틱스, 블록체인 등이 있으며, 그중 체험 기반의 실감형 교육을 가능하게 하는 AR/VR 기술의 경우, 2018년 18억 달러에서 2025년 126억 달러로 7배의 높은 성장을 보일 것으로 전망된다. 또한 빅데이터를 통해 학습자 맞춤형 교육, 교수법 및 행정관리 자동화의 지능화를 실현시키는 인공지능 기술도 2018년 8억 달러에서 2025년 61억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망되고 있다 [21-23].

### 3. 메디컬 에듀테크

증강현실과 가상현실 기술의 주요 응용 영역으로 보건의료 분야가 부상하고 있으며, 만성 질환의 증가, 인구 고령화, 인프라스트럭처 제한 및 전문 인력 부족과 같은 문제를 해결하고 더 효율적인 헬스케어를 위한 AR/VR 제품들이 개발되고 있다. AR/VR은 게임 산업에서 가장 널리 활용되고 있는 기술로 알려져 있으나, 의료 훈련부터 진단 및 치료, 수술, 심리치료 재활훈련, 의료수련 등과 같은 분야와 국방, 가상 훈련 등 많은 다양한 용도로 사용되고 있다.

#### 가. 메디컬 AR/VR의 활용분야

3차원 영상을 통해 해부학 교육 효율성 증대에 크게 기여하고 있으며 수술 시뮬레이션을 통한 반복적인 훈련을 통해 수술 위험 요소를 크게 줄일 수 있으며 Fundamental VR의 수술 시뮬레이션 제품과 Zspace의 3D 의료 교육 시스템이 대표적이다.

##### (1) 수술, 진료 의료훈련

실제상황과 유사한 가상현실 시뮬레이션을 구현하고 AR을 통해 외부 정보를 진료 및 수술 현장에 중첩시킴으로 효율성을 향상시키고, 수술 중에 집도의가 참고해야 할 환자의 생체정보들을 수술용 고글 전면애 AR을 통해 제공함으로써 시선 낭비 없이 환자의 신체 상태를 지속적으로 확인 할 수 있다.

VR은 복잡한 수술을 계획할 때 실제와 동일한 환경에서 3차원 시뮬레이션을 할 수 있어 오류 가능성을 낮출 수 있으며, VR 고글을 착용하여 시뮬레이션 기반의 의료 훈련을 통해 환자에게 피해를 끼치거나 위험한 상황에 노출되지 않고 중요한 의료 기술을 훈련 할 수 있다 [24-26].

(2) 재활 치료 지원

표 2-1 주요 메디컬 증강현실 솔루션 사례 (출처 : 각사 취합)

솔루션/앱	내용
ARanatomy	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 뼈에 대한 영상과 정보를 제공하는 응용프로그램</li> <li>· 사용자는 증강현실 대상의 뼈 모형을 조작</li> </ul>
Vipaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>· AR 기반 비디오 지원도구, 전문의가 디스플레이에 손을 투사하여 원격제어를 할 수 있음</li> <li>· 스마트 글래스를 착용한 현장에서 수술을 맡은 의사에게 가이드를 제공함</li> </ul>
AccuVein	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환자의 몸에서 정맥과 혈관 분지가 분포되어 있는 현황을 피부 위에 투사하여 보여주는 의료진용 핸드헬드 스캐너</li> </ul>
Brain Power	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자폐증을 앓고 있는 어린이와 성인에게 AR 기술을 활용하여 일상생활의 기술을 가르치는 솔루션</li> </ul>
SNAP	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 의사가 정밀하고 안정적인 수술 계획을 수립할 수 있도록 지원하는 AR 솔루션</li> </ul>
Saagara	<ul style="list-style-type: none"> <li>· AR 기술을 사용하여 개인의 전반적인 신체적, 정신적 건강 및 웰빙을 지원하는 앱</li> </ul>
smARtsKin	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 방사선 요법을 받는 환자의 실시간 카메라 피드에 해당 환자의 신체 윤곽을 오버랩하여 증강현실을 구성</li> </ul>

표 2-2 주요 메디컬 가상현실 솔루션 사례 (출처 : 각사 취합)

솔루션/앱	내용
Rendever	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 요양시설 거주자들을 대상으로 가상현실을 통해 바깥세상을 경험할 수 있도록 지원</li> <li>· 인지치료 요법을 통한 치매 진단 및 지원</li> </ul>
Farmoo	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 암 환자가 화학요법 치료를 받는 동안 VR 게임을 하면서 고통을 완화할 수 있도록 지원</li> </ul>
MindMotion Pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 재활 환자가 VR 공간에서 팔을 들거나 손가락을 움직이는 방법을 훈련할 수 있도록 지원</li> </ul>
Bracemind	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 임상 데이터를 기반으로 가상현실 프로그램을 구성해 군인들의 외상 후 스트레스 장애를 치료</li> </ul>
Snow World	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환자가 가상세계의 설원에서 음악을 듣도록 함으로써 치료를 받는 동안 고통스러운 수술 과정에서 환자의 주의를 돌리도록 지원</li> </ul>
VisitU	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환자들이 병원 대신 일상 공간에 있는 듯한 경험을 제공하고 긴장을 풀수 있도록 지원</li> </ul>

재활 과정을 거쳐야 하는 환자들이 효율적인 방식으로 꾸준히 참여하도록 유도하고 각종 질환의 후유증으로부터 회복되는 속도를 가속화 할 수 있으며 대표적인 사례로 뇌졸중이나 외상성 뇌 손상 환자가 VR 재활을 통해 잃어버린 기능을 성공적으로 회복한 예를 들 수 있다. 장애인의 재활 훈련과 중증 장애인을 위한 가상 휠체어 교육 등에 VR을 활용하기도 하며, 참전용사나 사고 피해자의 외상 후 스트레스 장애(PTSD) 증상을 제어할 수 있도록 AR/VR 시뮬레이션 환경을 제공할 수 있다 [27,28].

## 제 5 절 한의과 대학 교육 현황

현재 대한한 의사협회의 통합의대 방안 등 다양한 변화에 대한 요구와 필요성이 대두되고 있고 역량 기반의 성과바탕학습을 강조하고 있으며, 과목간의 연계성을 강화하고 임상 교육의 비중을 늘려가는 추세이다 [29,30].

### 1. 한의학 교육 체계

현재 국내의 한의학 교육기관은 11개 한의과대학과 1개의 전문대학원으로 이원화되어 있으며 이중 11개 한의과대학은 사립이며 전문대학원만이 국립으로 설립되어 있다. 한의과대학은 예과 2년과 본과 4년의 6년제의 교과과정을 운영하고 있으며, 전문대학원은 4년제 교과과정을 운영하고 있고 통합강좌를 운영하고 있어 11개 한의과대학과 학제 뿐만 아니라 다른 교육과정을 운영하고 있다.

#### 가. 경혈학 교육 체계

11개 한의과대학과 전문대학원은 모두 경혈학 과목을 운영하고 있으며, 평균 9.08학점, 이론의 경우 주당 9시간으로 총 135시간, 실습 5시간으로 총 90시간, 총 평균 15시간으로 225시간 정도를 경혈학 교육에 할당하고 있다. 모든 대학들이 본과 1학년부터 2학년 사이에 경혈학을 배치하고 있으며, 일부 대학은 이론과 실습을 구분하여 개설하고 있으며, 일부 대학은 이론 및 실습의 통합과목으로 개설하고 있다.

## 나. 침구학 교육 체계

모든 대학들이 본과 1학년부터 2학년 사이에 경혈학을 배치하고 있는 것과 대비하여, 침구학의 경우 시작과 배열에 다양성이 존재한다. 가천대와 경희대 및 대구한의대는 본과 3학년 1학기부터 4학년 2학기까지 총 4학기에 걸쳐 침구학 및 실습이 진행되고 있으며, 대전대학교는 본과 2학년 1학기부터 4학년 1학기까지 5학기에 걸쳐 침구학 및 실습이 진행되고 있다. 동국대는 본과 2학년 2학기부터 본과 4학년 1학기까지 4학기 제도를 운영하고 있고, 동신대, 동의대, 우석대, 원광대는 본과 2학년 2학기부터 4학년 2학기까지 5학기제로 운영하고 있다. 상지대는 본과 3학년 2학기에만 침구학 및 실습을 운영하고, 한의전은 본과 2학년 2학기에 이론, 3학년 2학기과 4학년 1학기에 실습을 운영하고 있다. 마지막으로 세명대는 본과 1학년부터 본과 3학년 1학기를 제외한 7학기 동안 침구학 및 실습과목을 운영하고 있다.

## 2. 한의학의 교육 현황

### 가. 교육용 인체모형



그림 2-14 한의학 인체모형



현재 한의학에서 사용되는 교보재는 그림 2-14와 같이 경락과 경혈이 표기된 소형 인체모형 및 동인형이 있으며 크기는 최소 26cm에서 최대 170cm 이다.

### 나. 침술교육 현황

현재 한의학 교육 현장에서는 의료기술을 객관적으로 평가할 수 있는 표준화된 모델의 미비로 개인의 감에 의지한 의료시술 훈련이 진행되고 있으며 실제 인체 대상 훈련이 이뤄지기 어렵고 이에 따른 기술 숙달 훈련이 부족하여 실제 의료 현장을 대비한 능숙한 기술 보유가 어렵다.



그림 2-15 한의학 침술교육 현황

국내 한의학 교육계에서는 침술을 반복적으로 훈련하고 객관적으로 평가하기 위한 모형 및 시뮬레이터가 개발된 바가 없어 학우간의 상호 신체를 대상으로 실습과 평가가 이루어지고 있으며, 이는 침습적이며 객관적이지 못한 수준에서 침술 교육이 진행되고 있는 현실이다.

## 다. 침술교육 콘텐츠

국내 한의학 교육 자료는 WHO EBM 기반 전통의학 표준화에서 한의학 등 동양 의학 용어 및 치료기술 등을 대상으로 경혈위치의 표준화, 국제 전통의학 용어 표준화, 전통의학 의료정보 표준화를 진행하고, 27개 질병에 대한 EBM을 근거로 가이드라인을 작성한 한의약융합연구정보센터의 표준경혈 DB에 수록된 내용을 기본으로 하고 있다.

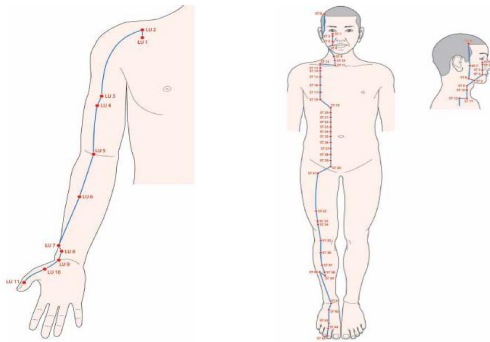


그림 2-16 한의약융합연구정보센터에서 제공하는 표준경혈DB

## 3. 한의학 교육 관련 연구

### 가. 다중센서 기반 침술 훈련 도구 및 가상 시뮬레이터 구현

침술 기술 실습과 평가에서 인체에 대한 침습적 침술을 대신하여 공정하게 평가할 수 있는 표준화된 침술 가상훈련 시뮬레이터로 가속도, 각속도 등 다중 센서를 탑재한 침술 훈련도구와 이를 활용할 수 있는 가상 시뮬레이터로 구성되어 있다. 다양한 환경에서 RS-232, WiFi 등 다양한 통신 테스트를 진행하여 송신데이터와 시뮬레이터에서 수신한 데이터가 일치하는 실험을 진행하였으며 정상 작동되는 것을 확인하였다 [31].

## 나. 침술 훈련 시스템을 위한 경혈점 콘텐츠 및 인체모형 설계

가상환경에서 한의학 침술 교육을 위해 인체모형을 제작하고, 포토스캔을 통해 3D 데이터를 생성하여 가상의 공간에서 활용할 수 있는 시스템을 설계하였고, WHO 표준에 근거하여 한의학 경혈점 교육 콘텐츠를 제작하였다. MR 콘텐츠와 제작 인체모형의 정합도 및 MR 콘텐츠 연동 렌더링 속도를 측정하는 실험을 진행하였으며, 94%의 정합도와 76.59fps의 렌더링 속도를 확인하였다 [32].

## 다. MR 기반 침술 훈련 시스템을 위한 침술 컨트롤러 및 인체모형 설계

침술 훈련 시스템을 위한 경혈점 콘텐츠 및 인체모형 설계의 후속 연구로, 경혈점 교육 효과 증대를 위해 침술 컨트롤러를 제작하여 가상공간에서 직접 침술 훈련을 반복할 수 있는 시스템을 설계하였고, 인체모형과 경혈점 데이터의 정합도 측정과 콘텐츠 모션인식률에 대한 침술부위의 정확성을 측정하였다. 측정 결과 인체모형과 데이터의 정합도는 96%를 만족하였고, 특정 경혈점에 대한 모션인식률은 100%를 만족하였다 [33].

## 제 3 장 제안하는 한의학 침술교육 시스템

### 제 1 절 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 시스템의 전체 구성은 사용자가 사용하는 HW(HMD, 컨트롤러, 인체모형)와 서버내 구성물(컨텐츠, 인터페이스)로 구성된다. 서버 내에서 MR 엔진에 의해 각 컨텐츠와 인터페이스가 유기적으로 연계되며 서버와 사용자의 HW들은 몰입형 MR 훈련 시스템을 통해 연계 연동된다. 그림 3-1은 전체 시스템의 구성 개념도를 나타낸다.

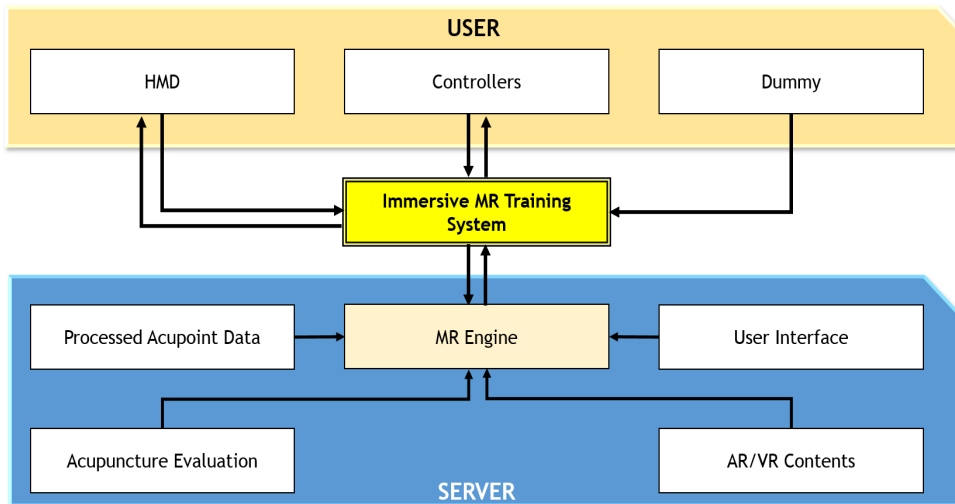


그림 3-1 전체 시스템 구성 개념도

## 1. 데이터 흐름도

콘텐츠를 구현하기 위해 컨트롤러로부터 위치추적데이터와 압력데이터를 센싱하고 인체모형으로부터 콘텐츠 정합을 위한 위치추적데이터를 받아 서버로 전달하면 서버는 가지고 있는 3D데이터 및 각종 정보를 센서에서 받은 데이터와 결합하여 MR컨텐츠로 HMD에 디스플레이 한다. 그림 3-2는 데이터의 흐름도를 나타낸다.

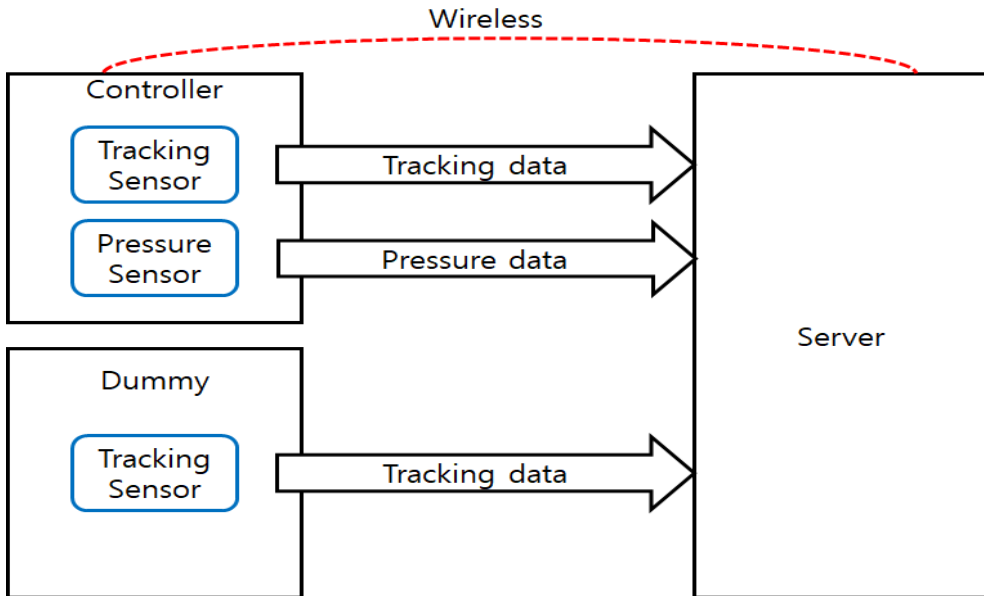


그림 3-2 데이터 흐름도

인체모형 위에서 컨트롤러를 움직이면 추출된 위치추적 데이터 값으로 3D 인체모형 데이터를 제작 인체모형에 정확하게 정합시키고 컨트롤러의 움직임과 압력 데이터 값을 받아 이를 HMD로 디스플레이 하고, 3D 인체모형에 컨트롤러가 접촉할 경우 MR 엔진은 사전에 정의된 경혈 위치를 컨트롤러 위치와 비교하여 해당 경혈점에 대한 정보를 출력한다.

## 2. 시스템 환경

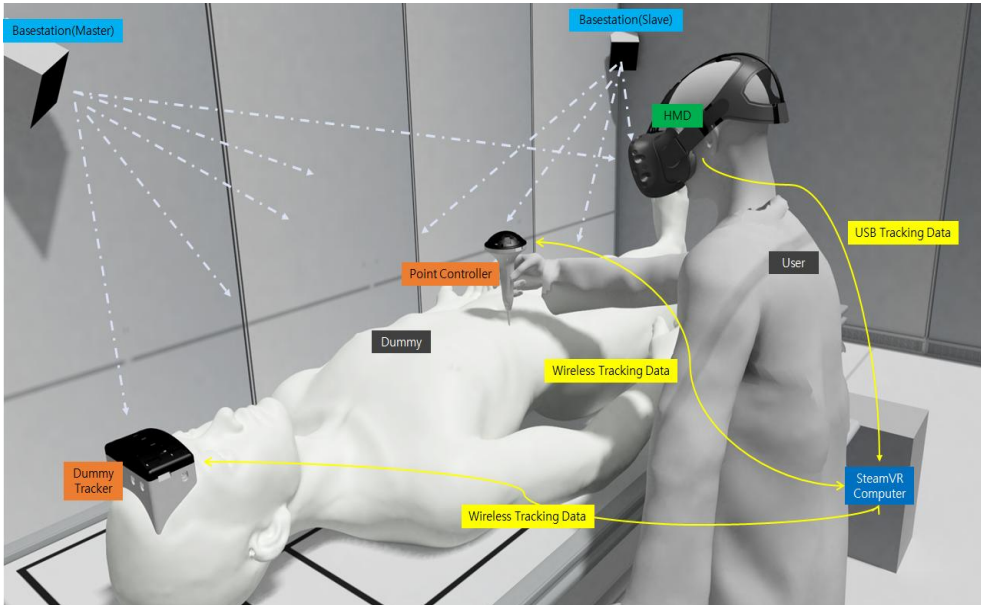


그림 3-3 제안하는 시스템 환경

제안하는 시스템의 가상현실 제공 환경은 그림 3-3과 같이 2개의 Base station과 2개의 Tracker, HMD, Server로 구성된다. 연구개발에 사용한 가상현실 디바이스는 VIVE COSMOS ELITE를 사용하였다.

### 가. Base Station

Base station은 2개로 구성되고 정확한 추적을 위해 최소 2m 이상 높이에 설치해야 하며 2개의 Base station은 서로 대각으로 설치하는 것이 좋다. Base station은 1초에 60회로 회전하면서 적외선 레이저를 수평축과 수직축으로 발사하며 공간 인지를 위한 2개의 Base station 센서장치를 이용하는 라이트하우스 기술을 사용한다.

라이트하우스 기술은 그림 3-4와 같이 모터에 의해 수평축과 수직축으로 1초에 60회 회전하며 적외선 레이저를 발사하며 레이저는 전자기 방사선의 자극방출에 기초하여 광학 증폭 과정을 통해 빛을 방출하는 장치이다.

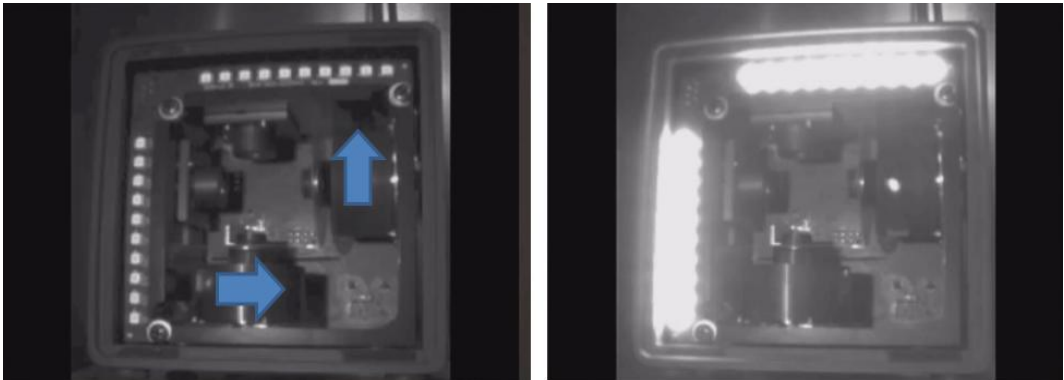


그림 3-4 Base Station 동작

라이트하우스 기술은 단순히 적외선 레이저를 이용해 공간을 계산하는 원리가 아니라 각 센서가 레이저와 파동을 수신하는 타이밍을 체크한다. 수신 센서를 설계할 때 필요한 커버율은 현재 미공개 상태이다. 레이저와 파동을 송신하는 두 개의 기지국과 다수의 수신 센서에 고속 관성 측정 유닛을 추가해 1000Hz로 신호를 받아 공간 안에서 움직이는 물체의 방향과 속도, 각도 등을 계산하는 원리를 사용하였으며, 구체적인 정보는 현재 미공개 상태이다. 그림 3-5는 Base Station 분해도를 나타낸다.



그림 3-5 Base Station 분해도(출처 : 기글하드웨어)

## 나. Tracker(Controller)

제안하는 시스템에서 3D 인체모형의 좌표값을 설정하기 위해 인체모형에 장착할 Dummy Tracker 1개와 침술 컨트롤러 좌표값을 설정하기 위한 Point controller Tracker 1개를 개발하였다. 각 트래커는 Base Station에서 송신되는 적외선 레이저를 인식하는 감지센서를 가지고 있으며, 각 센서가 감지한 위치와 위치의 변화량을 통해 이동방향(좌표값)을 알 수 있다.



## 다. HMD

HMD 전면에 총 32개의 감지센서가 배치되어 있으며 이 센서들이 2개의 Base Station에서 발산하는 적외선을 받아 HMD의 위치와 방향을 실시간으로 감지한다. 각 센서의 위치부분의 커버는 적외선을 잘 받아들이도록 필터가 배치되어 있다. Vive HMD를 사용하기 위해 4개의 케이블을 링크박스를 거쳐 PC와 연결해야 하며, USB 포트, 전원 포트를 링크박스에 연결해 영상과 그래픽 처리 데이터를 PC와 송·수신 하며 그림 3-6은 HMD 분해도를 나타낸다.



그림 3-6 HMD 분해도(출처 : 기글하드웨어)

## 제 2 절 표준 인체모형

### 1. FRP 소재 인체모형 제작

인체 모형은 남성 모델로 한의학 전문가의 자문을 받아 나이 30대, 근육량 50%, 신장은 175cm를 기준으로 제작하였다.

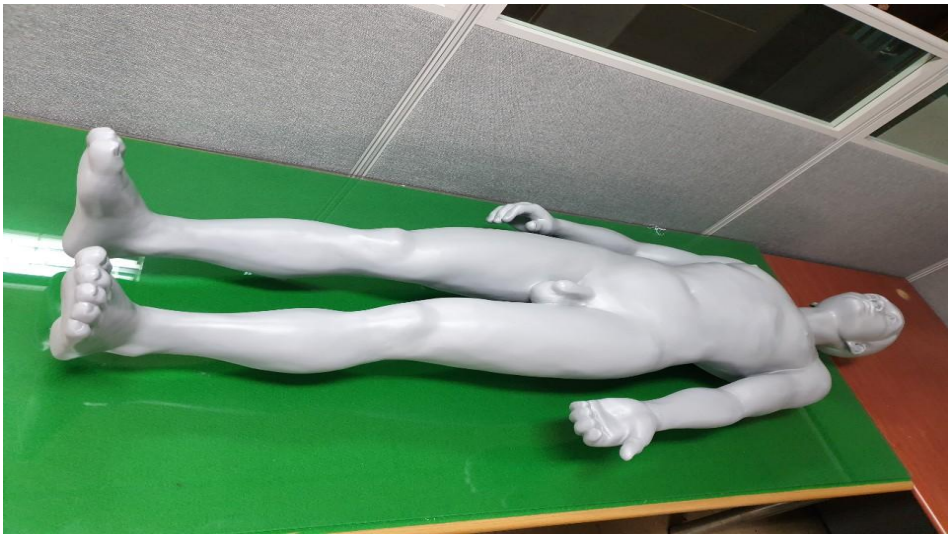


그림 3-7 FRP 소재 인체모형

### 2. 실리콘 소재 인체모형 제작

실감성 있는 인체모형 제작을 위해 피부 표현 소재를 실리콘으로 선택하였고, 도료 첨가를 통해 사람의 피부와 유사한 느낌을 주도록 제작하였다. 기본골격은 FRP 소재로 만든 인체모형을 사용하였다.



그림 3-8 실리콘 소재 인체모형

### 3. 3D 인체모형 제작

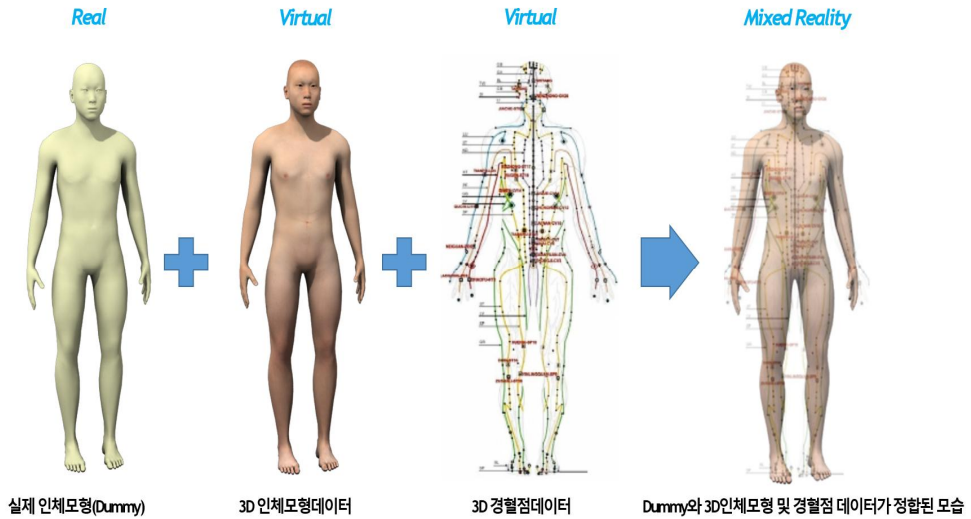


그림 3-9 3D 인체모형 데이터 제작 및 데이터 정합 과정

3D 인체모형은 실제 제작한 인체모형을 3D 모델링을 이용하여 가상의 환경에 인체모형 데이터를 제작한 것을 의미하고, 3D 경혈점 데이터를 매칭하여 경혈점이 표시된 3D 인체모형 데이터를 제작한다. 그림 3-9는 3D 인체모형 데이터 제작 및 정합과정을 나타낸다.

### 가. 3D 스캐닝

3D 인체모형 데이터 제작을 위해 제작한 인체모형을 기반으로 포토스캔 방식을 이용하여 3D 스캐닝을 진행하였다. 그림3-10은 3D 스캐닝을 위해 FRP 제작 인체모형에 경혈점을 마킹한 것을 나타낸다.

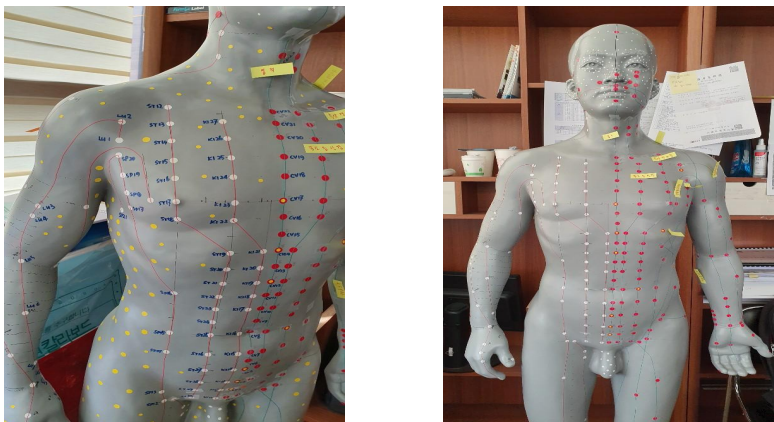


그림 3-10 FRP 인체모형 경혈점 마킹

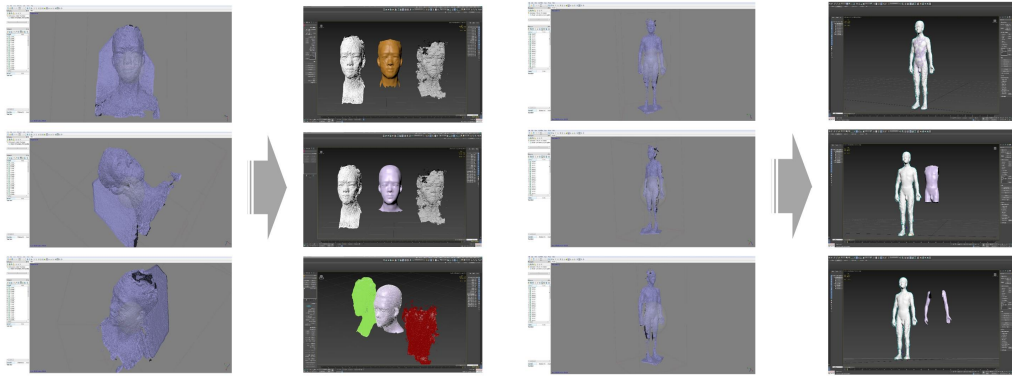


그림 3-11 FRP 인체모형 3D스캐닝

실리콘 인체모형은 0.1mm 이하 오차의 고해상도 3D 스캐닝 작업으로 미려하고 자연스러운 3D 모델 데이터를 생성 할 수 있었으며 실제 인체모형과 3D 모델링 인체모형의 오차범위 최소화로 정확한 정합을 구현하였다. 그림 3-12는 실리콘 인체모형 3D스캐닝을 나타낸다.

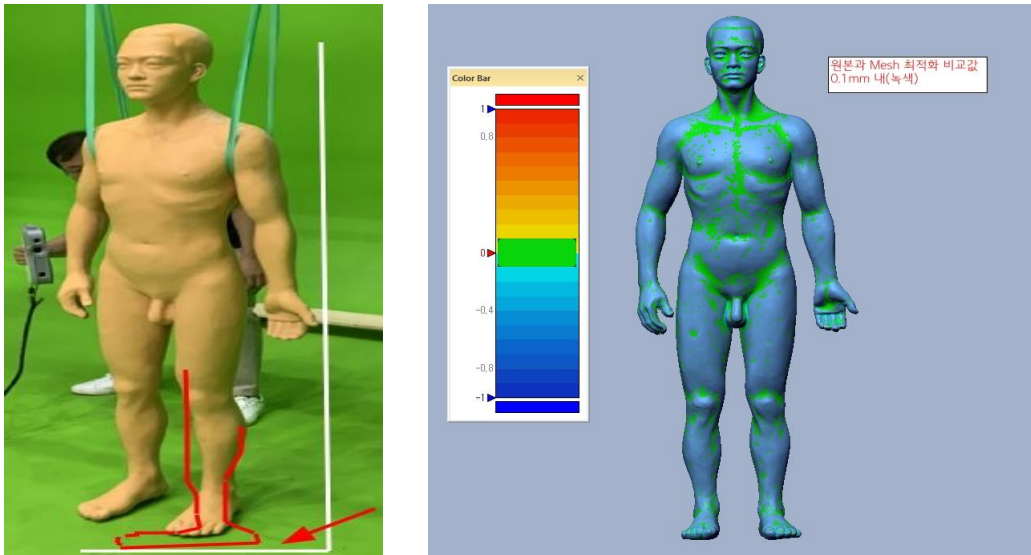


그림 3-12 실리콘 인체모형 3D스캐닝

## 나. 3D 모델링

3D 스캐닝 결과값을 3D 모델링 툴을 이용하여 인체의 각 부위(손, 발, 가슴, 머리 등) 별로 모델링을 진행하여 대상을 표현하고 공간상 XYZ 3축을 기준으로 5개의 방향 자유 회전이 가능하도록 모델링을 진행하였다. 그림 3-13은 3D 모델링 결과를 나타낸다.

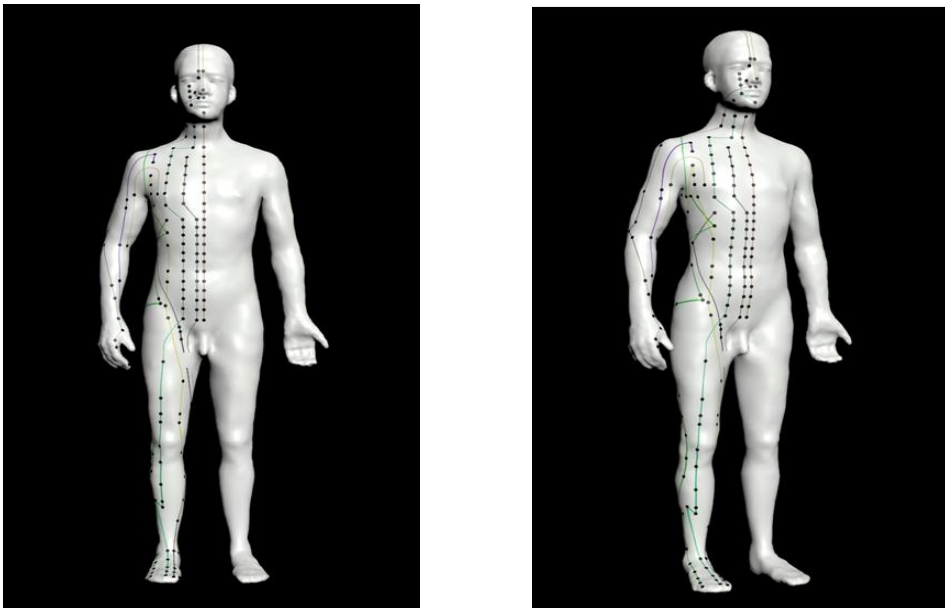


그림 3-13 인체모형 3D 모델링

현실과 유사한 형태로 보이게 하기 위해 대상의 재질과 색상, 빛과의 관계 및 경혈의 위치정보를 고려하여 렌더링을 진행하였고, 제작된 3D 인체모형 데이터는 MR 콘텐츠로 사용하기 위해 Uinty 3D에서 활용이 가능한 파일 포맷으로 변환하여 사용하였다.



### 다. 3D 경혈점 데이터

3D 경혈점 데이터는 경혈이라는 객체가 포함하고 있는 여러 갈래의 정보를 다목적으로 이용할 수 있도록 3D로 시각화하는 것을 목표로 제작하였으며, 사용자가 원하는 요구에 가장 정확한 침술 작업을 할 수 있도록 경혈 데이터를 구조화 하고, 경혈 데이터 요소를 확정하여 이를 3D 인체모형 데이터에 매칭하였다. 그림 3-14는 제작한 3D 경혈점 데이터를 나타낸다.

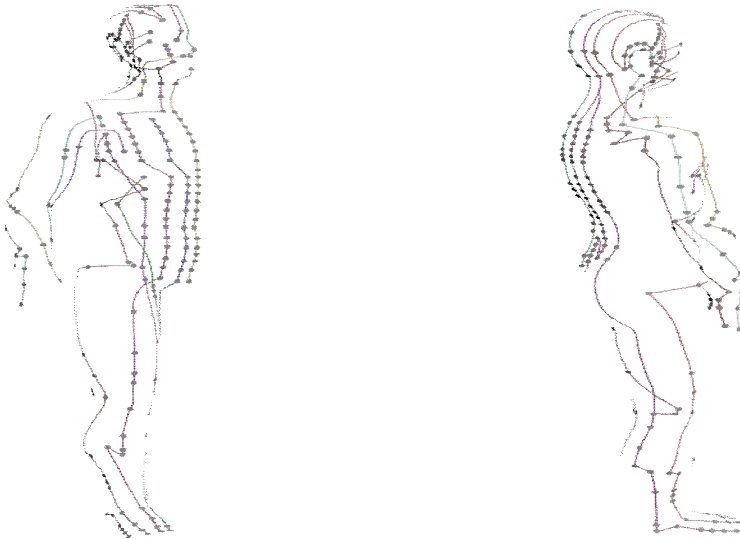


그림 3-14 3D 경혈점 데이터

3D 경혈점 데이터는 한의약융합연구정보센터의 표준경혈 DB를 활용하여 제작하였으며 제작한 경혈점 데이터에의 경혈점에는 경락, 경혈의 위치정보에 따른 경혈의 정보(취혈법, 경혈의 주치 효능)를 추가하였다.

## 제 3 절 침술 컨트롤러

### 1. 침술 컨트롤러 구성

본 논문에서 제안하는 시스템의 침술 컨트롤러는 압력센서, 위치센서가 포함되며 서버와의 통신을 위한 신호발신모듈 및 전원충전부로 구성된다. 사용자의 그립감과 실제감을 고려하여 침을 놓는 표현을 위해 스프링이 달린 침의 형태로 제작하였으며 펜 타입의 모형으로 제작하였다.

#### 가. 침술 컨트롤러 제작

사용자가 손으로 잡을 수 있고 각 부품을 내부에 구성, 배치하기 위한 사이즈를 유추 하여 길이 약 270mm, 직경 최소 4.2mm~최대85mm, 무게 900g 으로 초기 버전을 제작하였다. 그림 3-15는 초기버전의 컨트롤러 도면을 나타낸다.

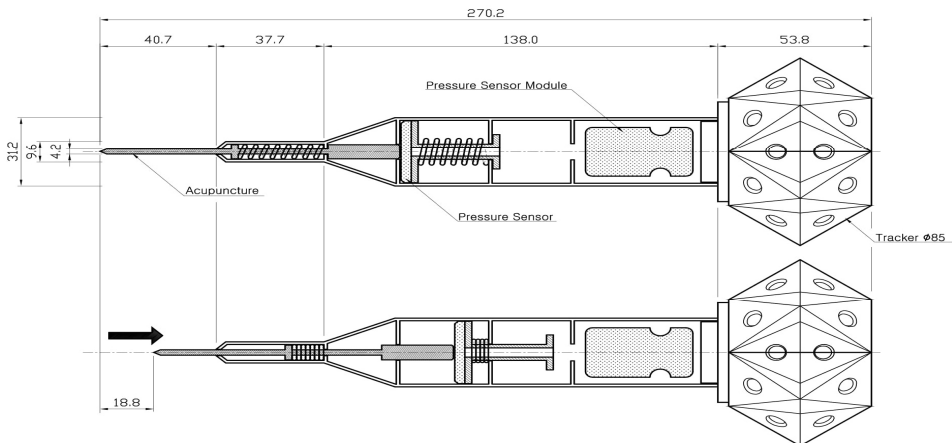


그림 3-15 컨트롤러 도면



(1) 외관 및 부품 디자인 설계

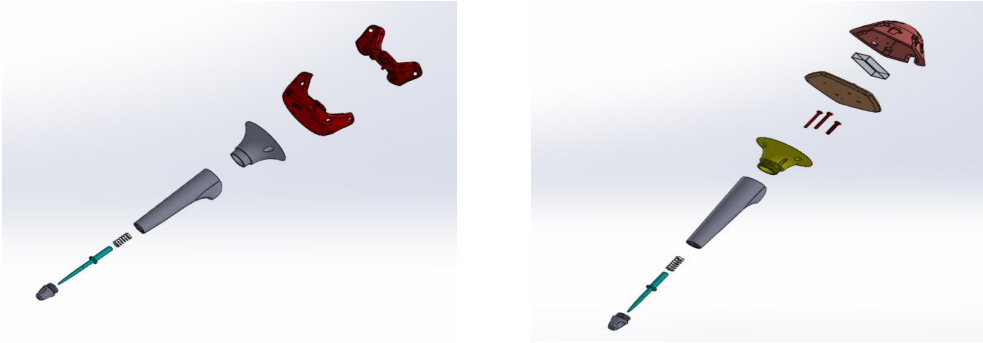


그림 3-16 초기버전 외관 디자인

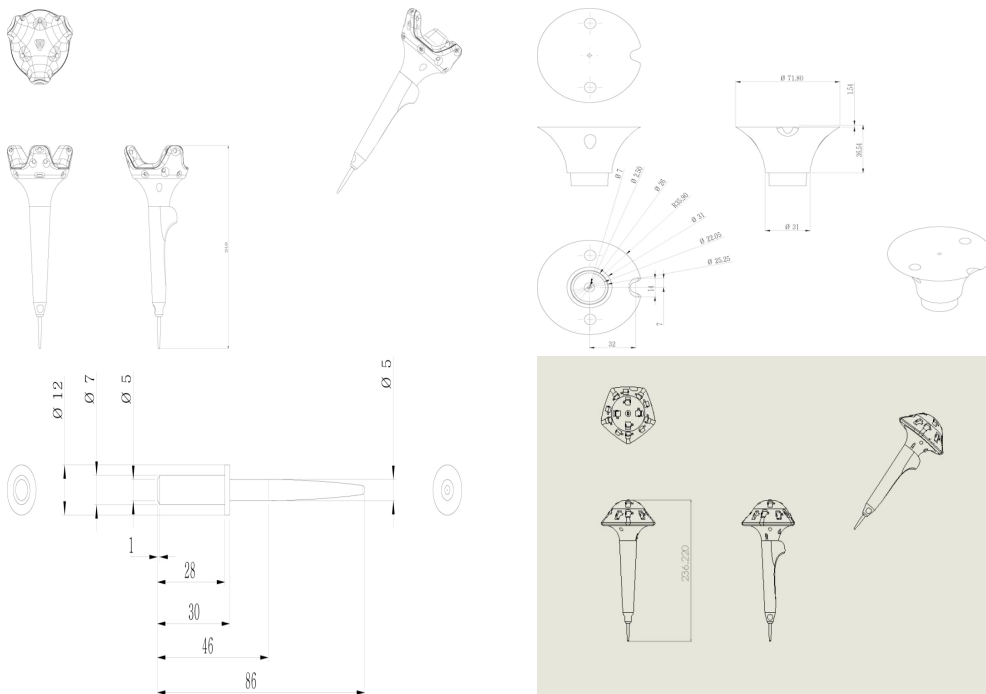


그림 3-17 초기버전 부품 디자인 설계

(2) 컨트롤러 메인회로 Artwork 및 PCB 제작

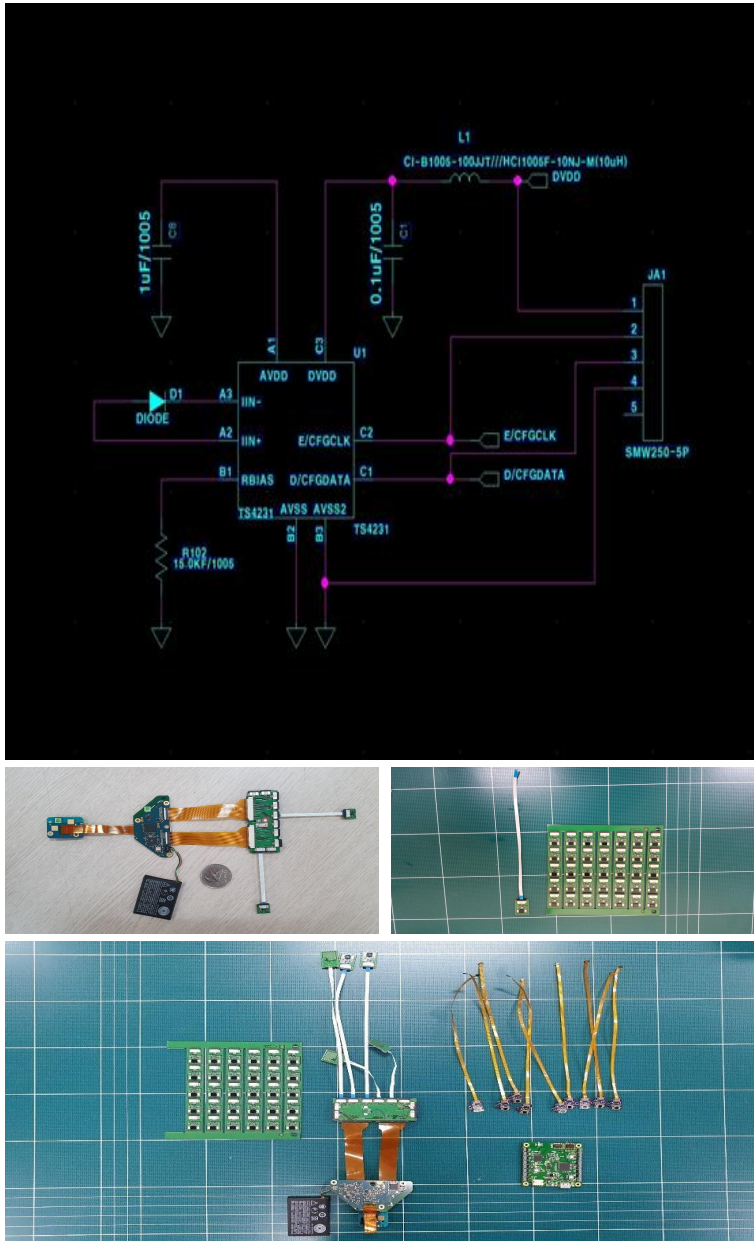


그림 3-18 메인회로 회로도 및 센서부 PCB

(3) 초기버전 케이스 제작 및 프로토타입 제작

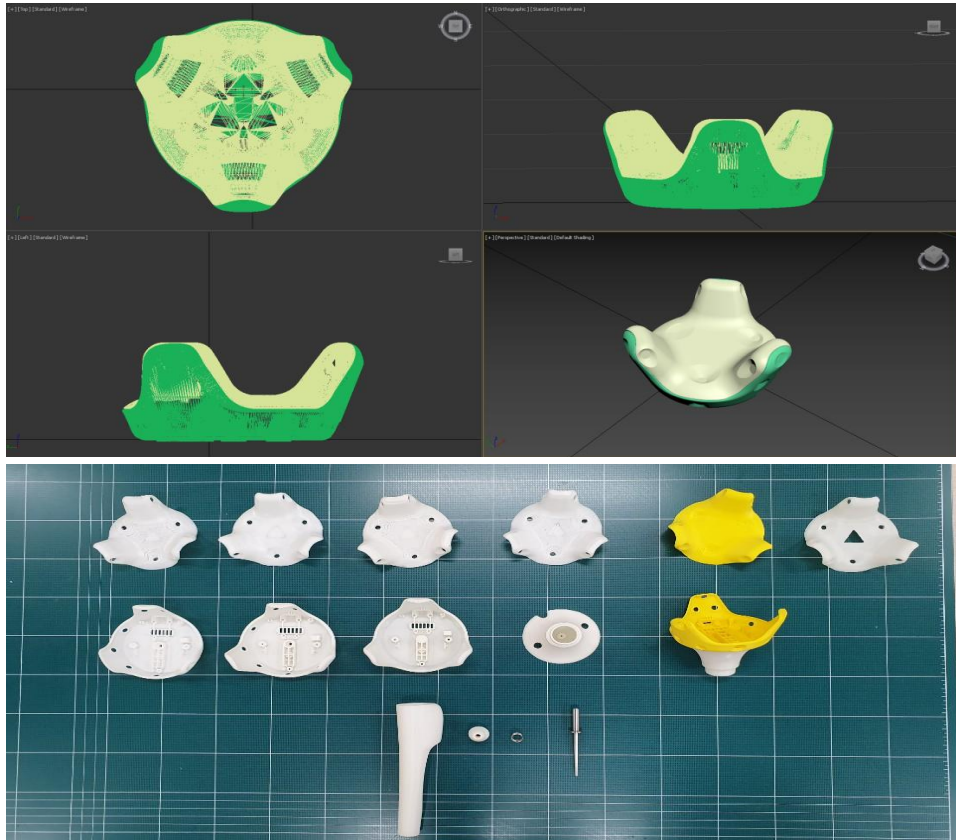


그림 3-19 케이스 3D 모델링 및 프린팅

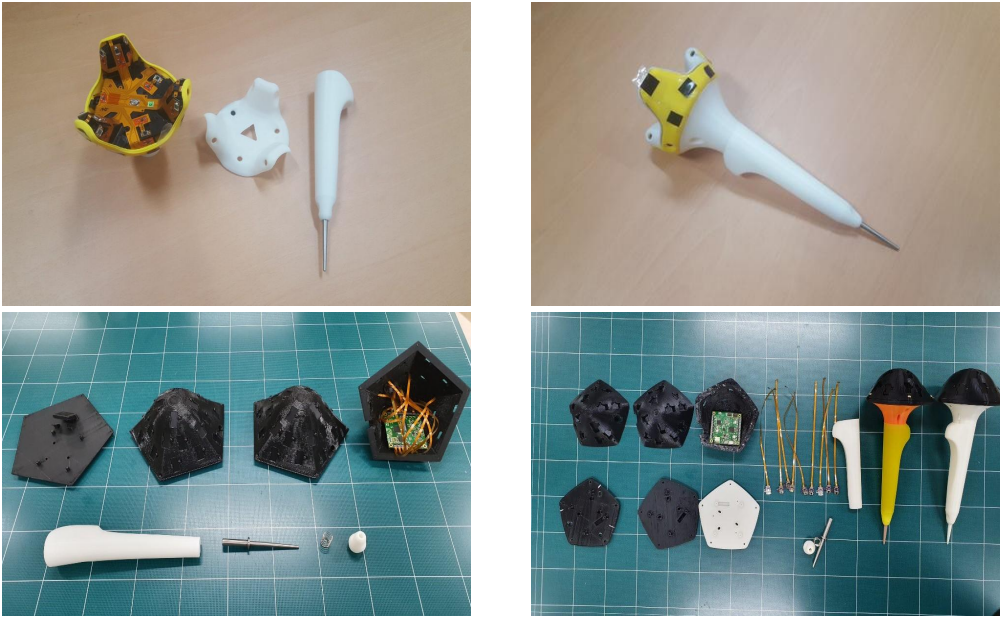


그림 3-20 프로토타입 제작

## 나. 개선된 컨트롤러 제작

초기 프로토타입의 디자인 개선 및 소형화 경량화를 위해 센서 탑재 부위의 높이를 줄이고 손잡이 부분의 길이를 최소화하여 전체 길이를 감소시켰으며, 무게 분배를 위한 아이디어 스케치를 진행하였다. 미려하고 최소한의 크기 구현을 위해 센서 탑재부의 각진 부분을 라운딩화 하고 PCB와 배터리, 센서가 들어갈 수 있는 최소 부피를 산정하여 3D 모델링을 통한 시뮬레이션을 진행하였다.

개선된 컨트롤러는 초기 프로토타입 대비 중량 30% 경감, 길이 35% 경감을 달성하였으며, 부품의 구성을 단순화하고 최소화하였으며 빠른 조치가 가능하도록 설계하였다.

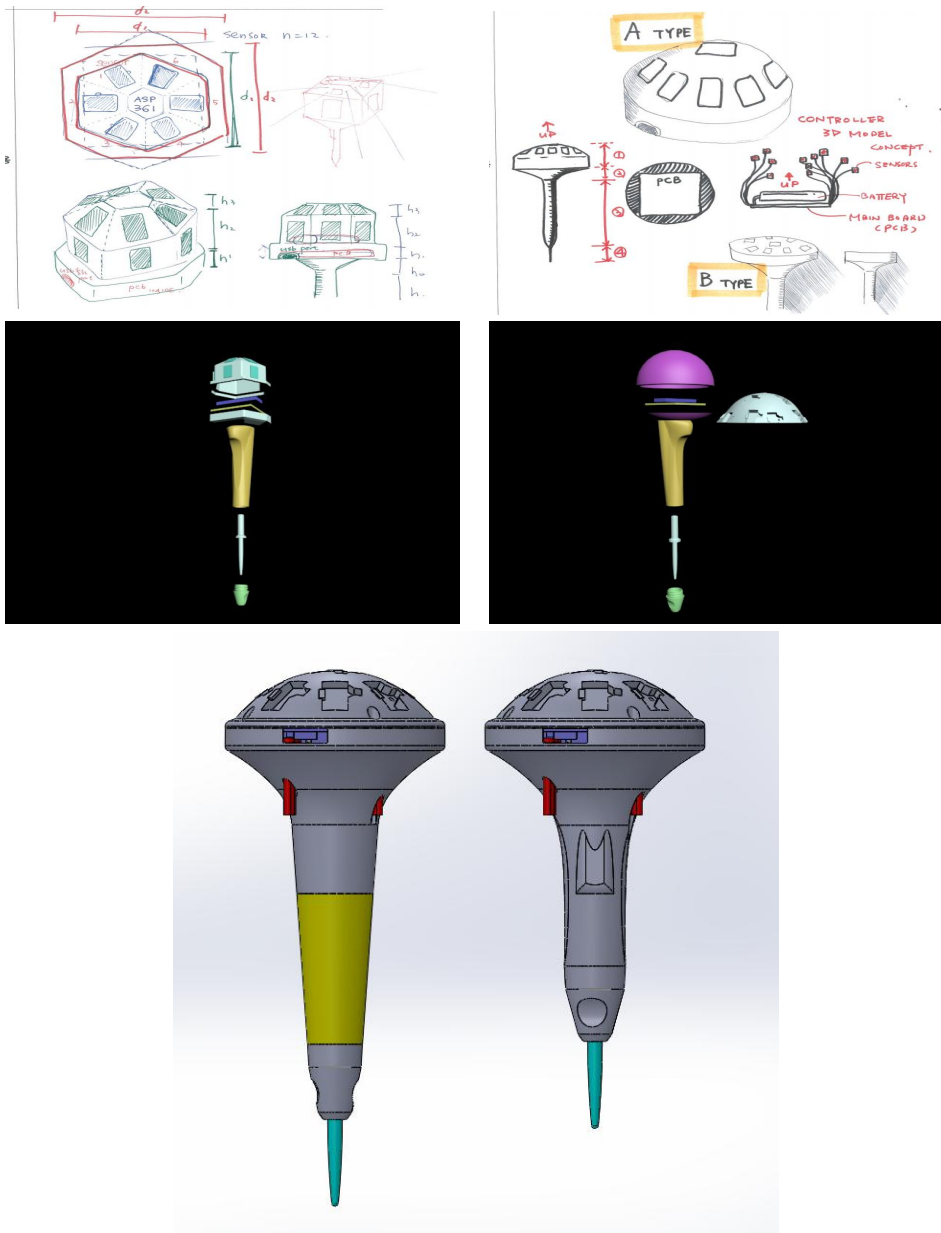


그림 3-21 컨트롤러 개선을 위한 스케치 및 최종 디자인 설계

(1) 부품설계 및 회로 제작

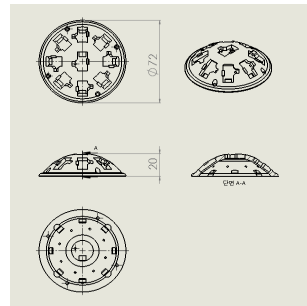
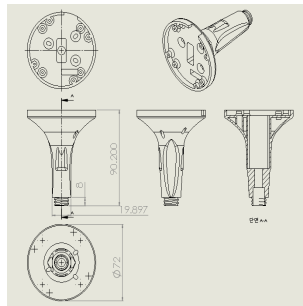
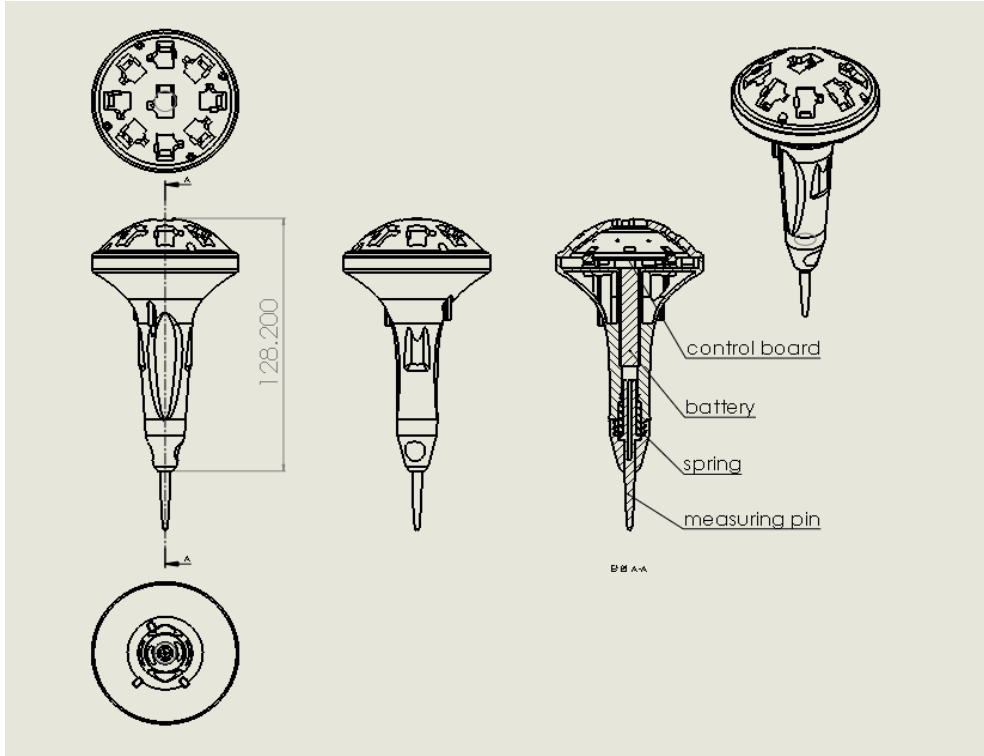


그림 3-22 개선된 컨트롤러의 부품 설계



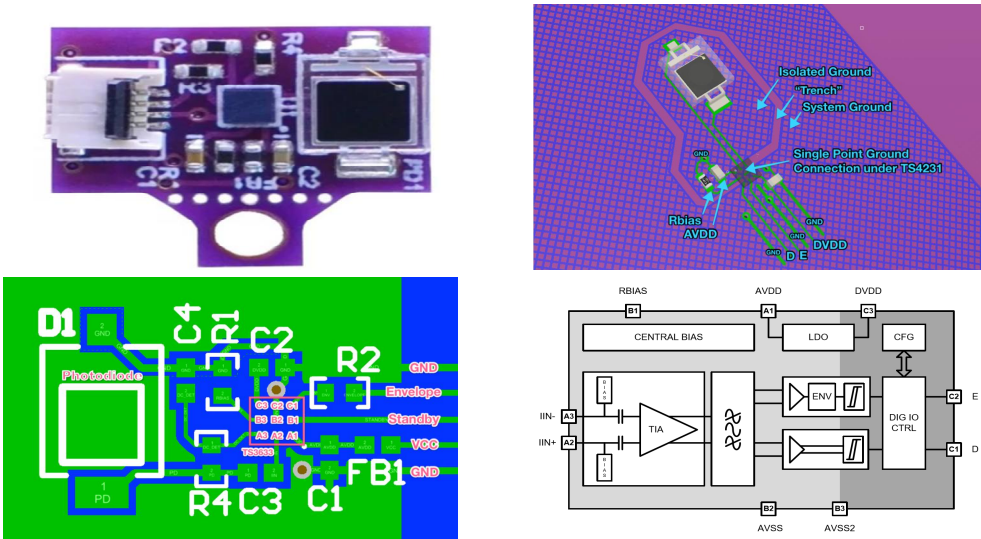


그림 3-23 개선된 컨트롤러의 회로 설계 및 제작

(2) 3D 프린팅 및 부품 조립

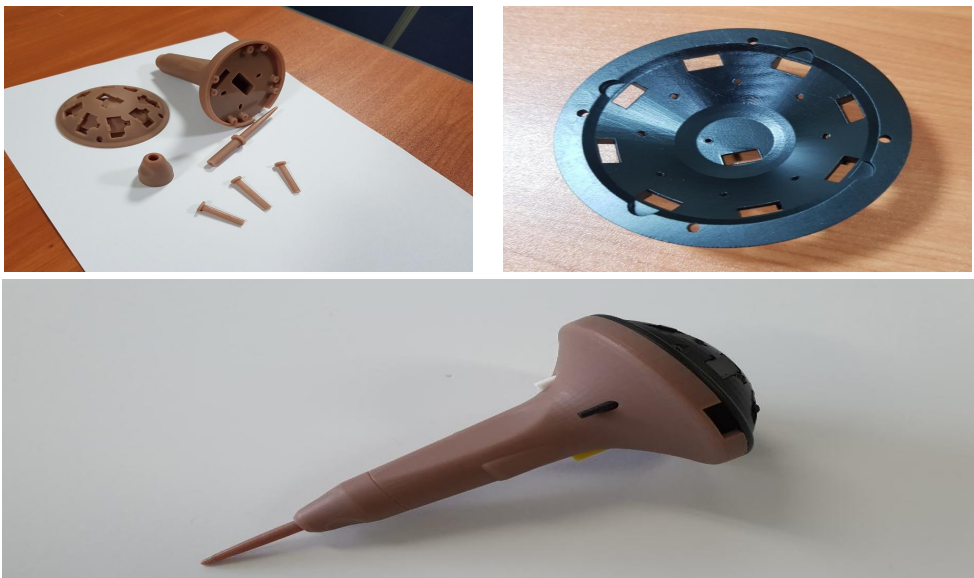


그림 3-24 최종 개발 컨트롤러

## 다. 센서 데이터 추출 과정

침술 컨트롤러의 센서 데이터는 5단계를 거쳐 추출된다.

### (1) 센서 데이터 프레임 시작 패킷 확인

100ms 주기로 전송되는 데이터 프레임의 시작 패킷 확인 후 정해진 순서에 의한 수신여부와 정의되지 않은 데이터 프레임을 확인한다. 정의되지 않은 데이터 프레임은 이후 순서에 따라 발생하는 추가 오류 검사 후 제거된다. 시작 패킷은 총 4개의 패킷으로 수신되며, 수신여부는 매 주기마다 프레임 시작 패킷을 확인한다.

### (2) 검사합 확인

검사합이 정의된 패킷 순서에 맞게 수신되었는지 확인하고 수신된 데이터의 합과 실제 출력된 값 비교 후 오류 발생 여부를 점검한다. 오류가 발생하는 프레임은 수신하지 않으며, 검사합 오류가 없는 프레임만 사용한다.

### (3) 종료 패킷 확인

4번째 패킷에 정의된 종료 패킷이 전송되었는지 확인하여 최종적인 유효 프레임을 판단한다. 종료 패킷은 매 주기마다 확인한다.

### (4) 데이터 추출

모든 확인 절차 종료 후 압력센서 데이터와 위치추적센서 데이터를 추출한다. 각 데이터는 x, y, z축 순으로 데이터가 출력되며, 필요 축에 대한 2패킷 데이터는 별도로 저장한다.

### (5) 데이터 정제

수신된 데이터의 정제를 위한 평균 필터 알고리즘을 적용하고, 센서로부터 수신되는 데이터는 범위가 넓어 센서의 환경 및 외부적인 영향에 의해 데이터의 파동이 생길 수 있으므로 이를 별도로 정제한다.



## 2. 컨트롤러 신호감지 시뮬레이션

제안하는 시스템에서 개발한 컨트롤러의 신호 감지 범위 테스트를 위해 STEAM VR에서 제공하는 Interpreting 시뮬레이션을 진행하였다 [34,35]. 기존 Vive 컨트롤러는 24개의 센서가 컨트롤러의 위치와 방향을 추적하는 반면 제안하는 시스템에서는 통신을 위한 최소한의 센서 사용을 위해 1개부터 센서의 개수를 2개씩 늘려 시뮬레이션을 진행하였다. 본 시뮬레이션 결과로 도출되는 그림은 3D graphics software에서 획득한 것으로 "Number of Visible Sensors", "Initial Pose Possible", "Pose Rotation Error", "Pose translation Error" 결과를 그래픽화 하여 표현하고 있다.



그림 3-25 Vive 컨트롤러 분해도(자료 : 기글하드웨어)

시뮬레이션에서 출력되는 "Number of Visible Sensors"에서 하늘색 영역은 4개 이상의 센서가 보이는 포즈를 나타내며 파란색은 5개 이상의 센서, 진한 파란색은 더 많은 가시적 센서를 의미한다. 영역이 녹색, 노란색, 또는 빨간색으로 표시되면 추적을 시작하기에 충분한 센서가 없는 것을 의미한다. "Initial Pose Possible"은 모든 방향에서 추적을 시작하는 개체의 기능을 나타낸다. 트래킹 성능은 센서간의 거리와 동일 평면성에 따라 달라지며, 물체가 SteamVR에서 추적을 시작하려면 최소 4개의 가시 센서가 필요하며, 동일 평면에 있지 않아야 한다.

"Pose Rotation Error"는 모든 객체 방향에 대한 회전 오류를 매핑한다. 세 축 모두의 기준선은 주어진 회전 정도에 대한 센서 간의 관계 변화를 증폭시키며, 세 축의 depth는 초기 포즈에 필요하지만 Rotation Error의 주요 결정 요인이다. 센서가 대부분 동일 평면에 있는 경우 평면 내 축을 중심으로 회전해도 센서 간 X 또는 Y 변위가 크게 발생하지 않는다. "Pose translation Error"는 Base Station에서 떨어진 이동에 영향을 받으며, 물체가 Base Station에서 멀어짐에 따라 센서 사이의 감지된 거리가 축소된다.

(1) 1개의 센서 사용

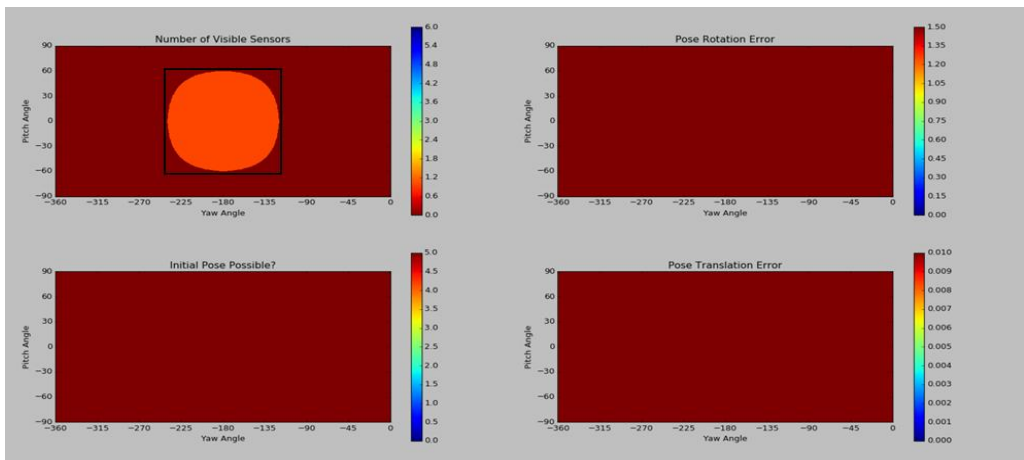
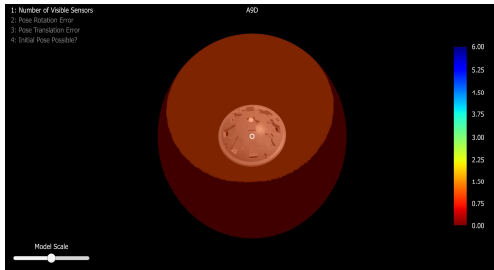
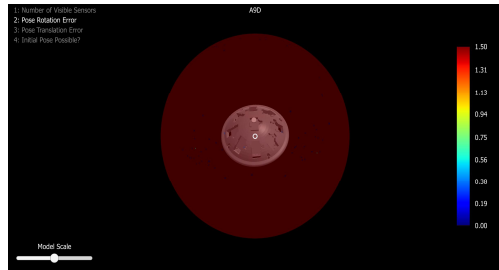


그림 3-26 1개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

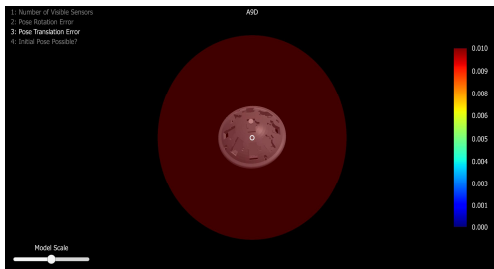
그림 3-26은 1개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-240^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 1개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고, "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 전 영역에서 추적을 시작할 수 없는 것을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 전 영역에서 오류가 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-27은 1개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



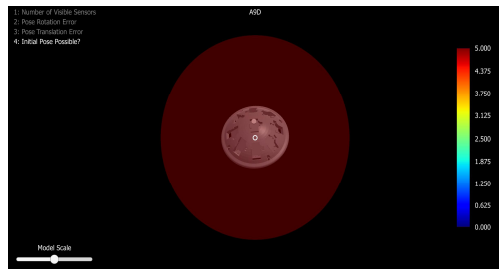
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-27 1개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(2) 3개의 센서 사용

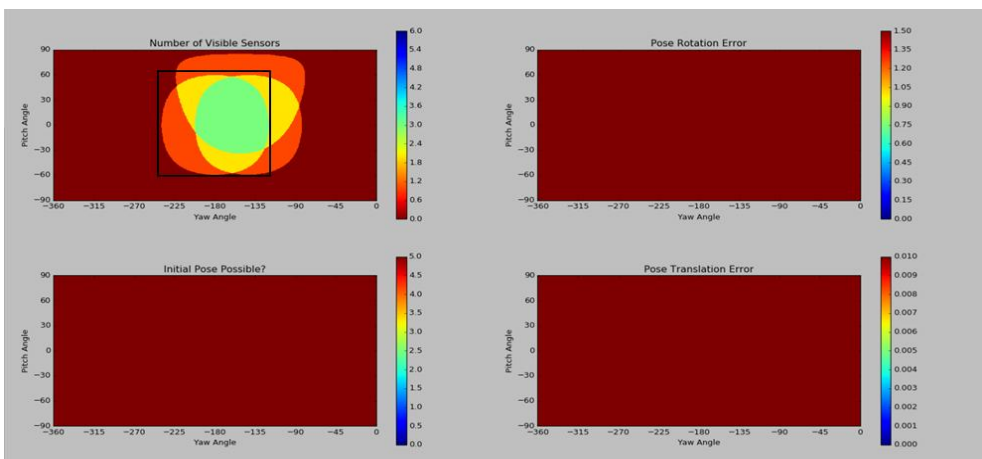
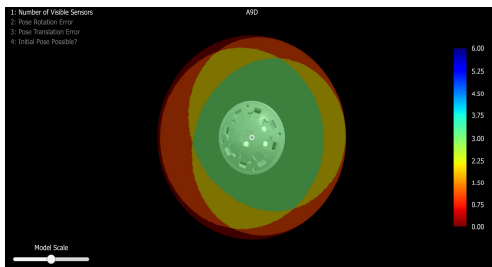
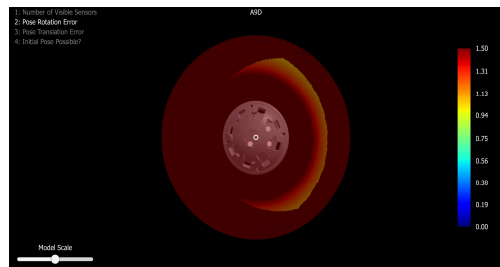


그림 3-28 3개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

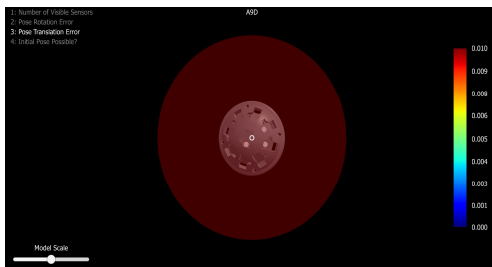
그림 3-28은 3개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-240^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 3개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고, 그림 3-28보다 Pitch Angle의 범위 및 Yaw Angle 범위, 주황색, 노란색, 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 전 영역에서 추적을 시작할 수 없는 것을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 전 영역에서 오류가 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-29는 3개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



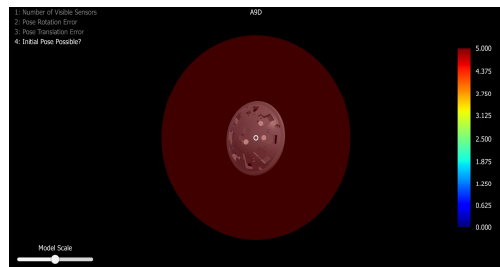
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-29 3개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(3) 5개의 센서 사용

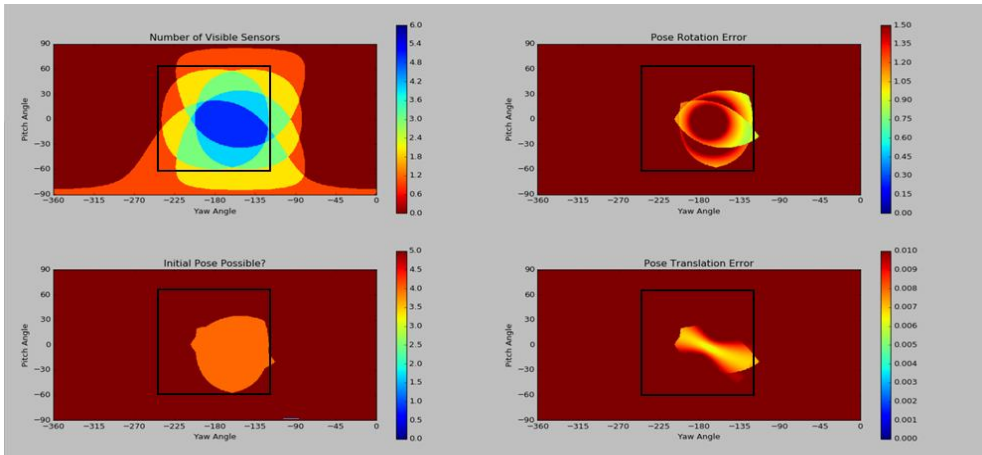
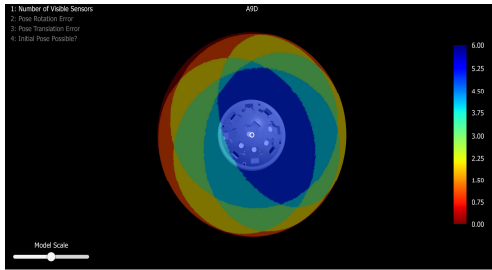
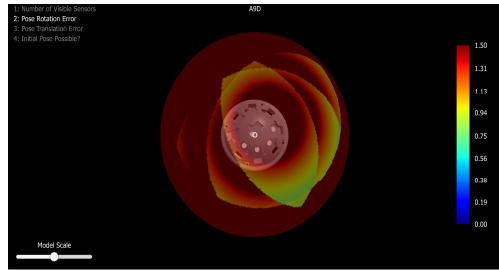


그림 3-30 5개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

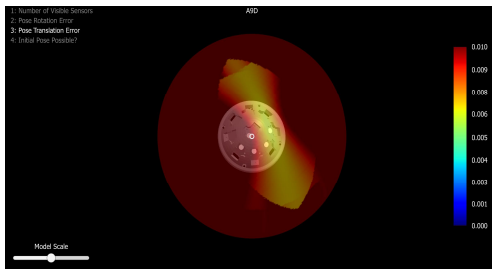
그림 3-30는 5개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-240^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 5개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-28보다 Pitch Angle의 범위 및 Yaw Angle 범위, 주황색, 노란색, 녹색, 하늘색 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 주황색 영역이 확인되었지만, 초기 추적은 불가능함을 확인 할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-28보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-31는 5개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



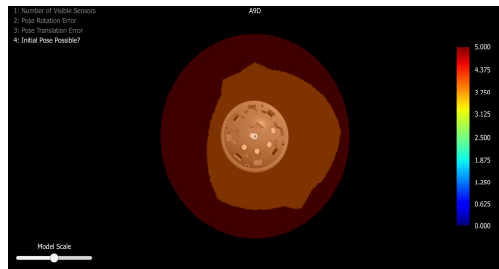
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-31 5개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(4) 7개의 센서 사용

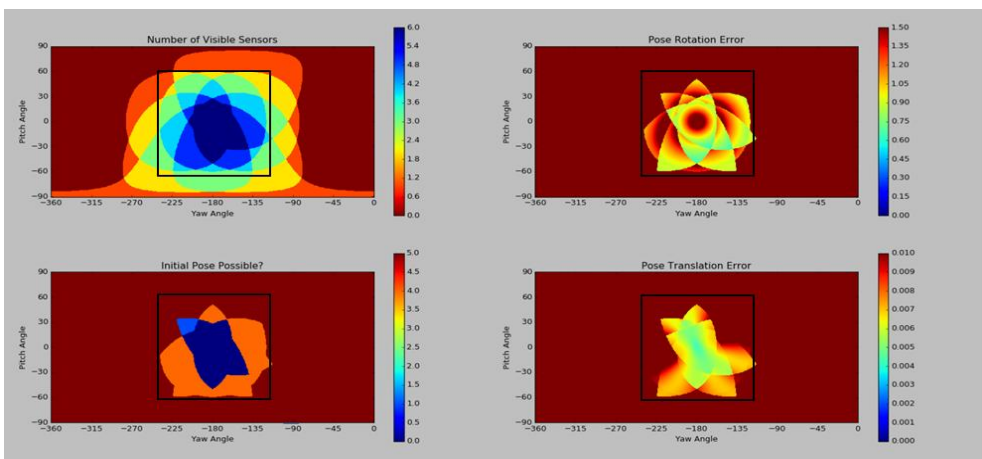
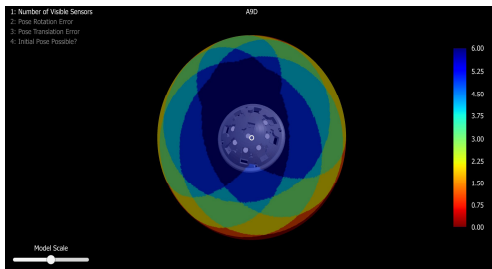
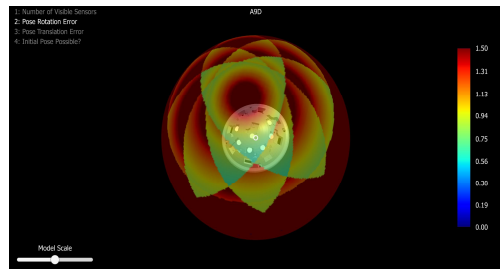


그림 3-32 7개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

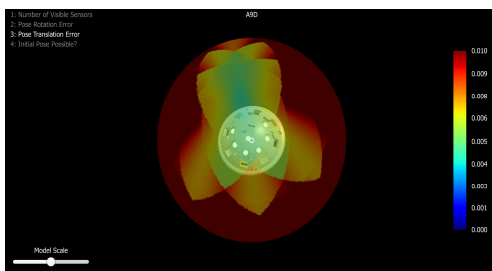
그림 3-32은 7개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ}\sim+60^{\circ}$  Yaw Angle  $-240^{\circ}\sim-120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-30보다 Pitch Angle의 범위 및 Yaw Angle 범위, 주황색, 노란색, 녹색, 하늘색, 파란색, 진한 파란색 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 그림 3-30보다 주황색 영역이 증가하였으며 파란색 영역과 진한 파란색 영역이 생성되어 초기에 추적을 시작할 수 있음을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ}\sim+60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ}\sim-150^{\circ}$  영역에서 그림 3-30 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-33는 7개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



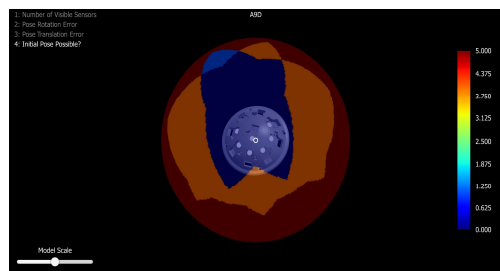
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-33 7개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(5) 9개의 센서 사용

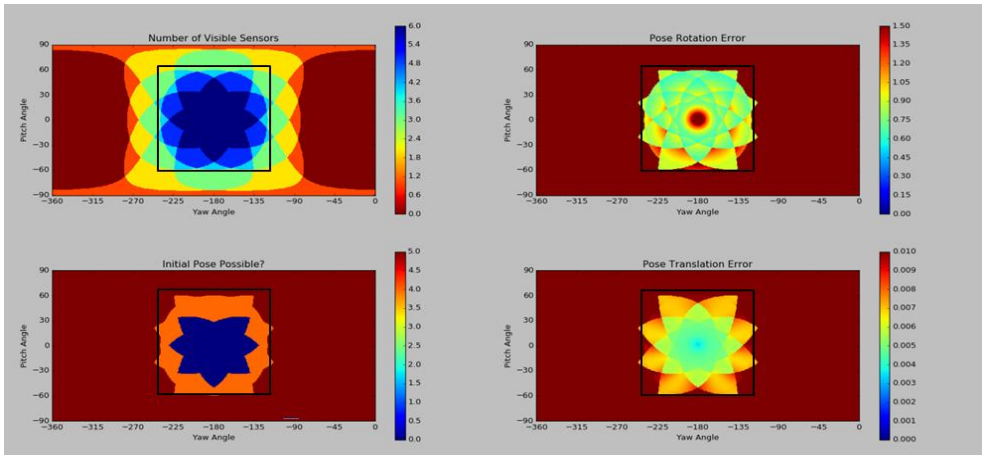
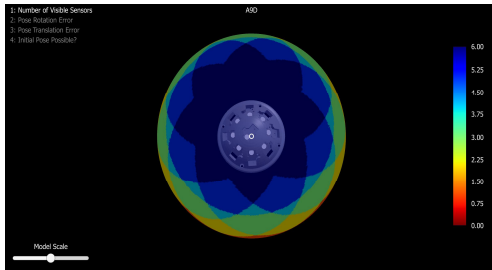


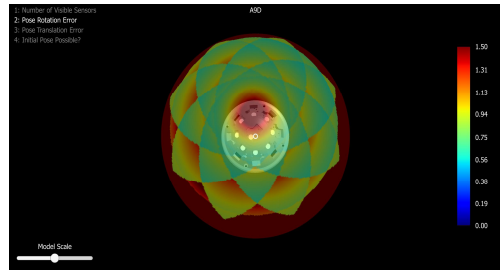
그림 3-34 9개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

그림 3-34는 9개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-240^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-32보다 Pitch Angle의 범위 및 Yaw Angle 범위, 주황색, 노란색, 녹색, 하늘색, 파란색, 진한 파란색 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 그림 3-32보다 주황색, 진한 파란색 영역이 증가하였고 초기에 추적을 시작할 수 있음을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-32 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-35는 9개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

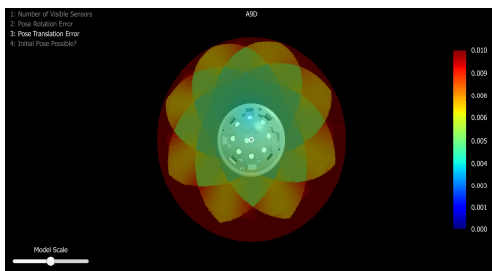




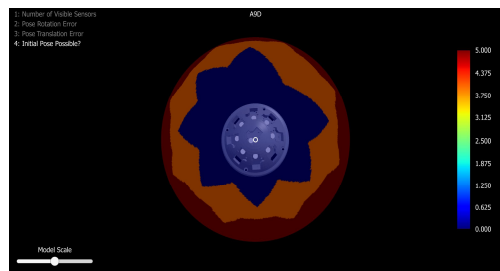
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-35 9개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

최소 센서의 개수가 9개가 연결되었을 때 컨트롤러의 통신이 끊김 없이 연결되었으 며, 2D 시뮬레이션 결과 1. Number of Visible Sensors과, 4. Initial Pose Possible에서 침술 컨트롤러 트랙커의 상단부는 진한 파란색으로 신호 감지가 원활 하고 초기 추적이 가능한 것을 확인 할 수 있었고, 2. Pose Rotation Error와 3. Pose Translation Error 결과 트랙커 상단부에서의 신호감지 에러를 확인 할 수 있었다.

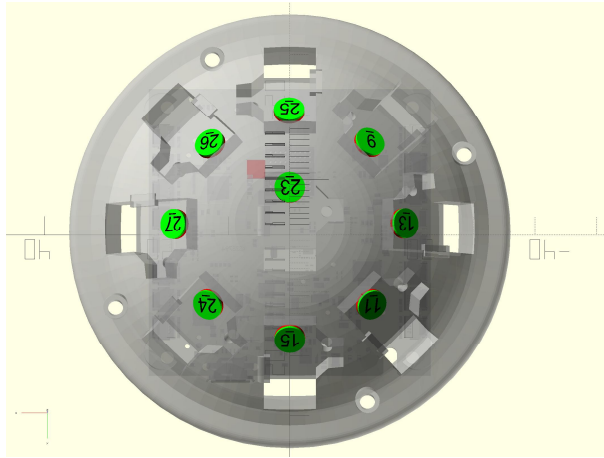


그림 3-36 최종 침술 컨트롤러 트래커 센서 부착 위치

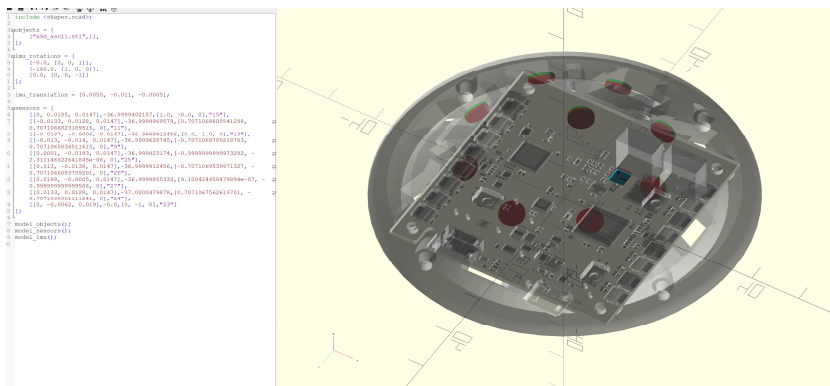


그림 3-37 침술 컨트롤러 트래커 센서 코딩

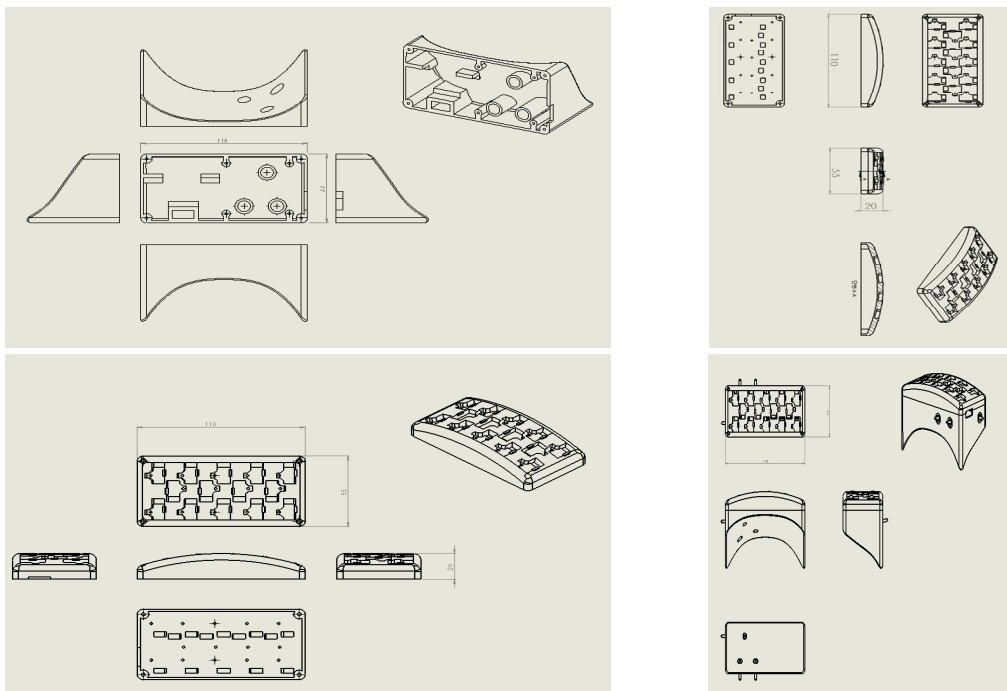
기존 Vive 컨트롤러는 24개의 센서가 컨트롤러의 위치와 방향을 추적하는 반면 제안하는 시스템에서는 컨트롤러 트래커 측면부 및 하단부에 사용하지 않는 센서를 제거함으로써 컨트롤러를 소형화 및 경량화 시킬 수 있었다.

## 제 4 절 트랙터

### 1. 트랙터 설계

인체모형의 이마 부분에 장착하여 컨트롤러가 인체모형과 가상의 콘텐츠의 위치를 매칭시키는 기준점이 되며 곡선 형태인 인체모형의 이마부분에 장착할 수 있도록 설계하였다. 컨트롤러와의 원활한 신호 수신을 위해 14개의 센서를 설치하였으며, PCB, 충전지, 센서가 모두 내장되면서도 최소화된 크기와 인체모형에 어울리는 디자인을 고려하여 설계하였다.

#### 가. 트랙터 제작



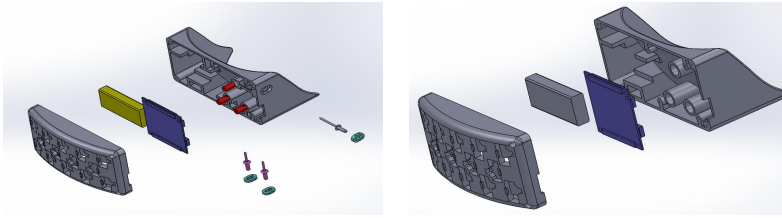


그림 3-38 트래커 디자인 설계 및 3D 모델링

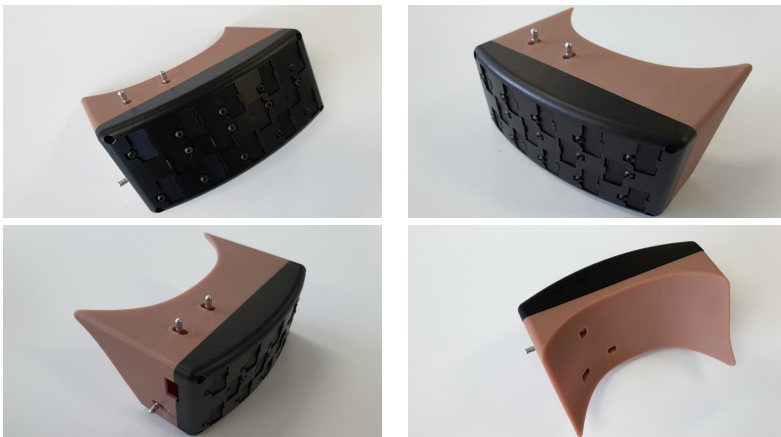


그림 3-39 제작 트래커

## 2. 트래커 신호감지 시뮬레이션

제안하는 시스템에서 개발한 컨트롤러의 신호 감지 범위 테스트를 위해 STEAM VR에서 제공하는 Interpreting 시뮬레이션을 진행하였다 [34,35]. 기존 Vive 컨트롤러는 24개의 센서가 컨트롤러의 위치와 방향을 추적하는 반면 제안하는 시스템에서는 통신을 위한 최소한의 센서사용을 위해 2개부터 센서의 개수를 2개씩 늘려 시뮬레이션을 진행하였다. 본 시뮬레이션 결과로 도출되는 그림은 3D graphics software에서 획득한 것으로 "Number of Visible Sensors", "Initial Pose Possible", "Pose Rotation Error", "Pose translation Error" 결과를 그래픽화 하여 표현하고 있다.

(1) 2개의 센서 사용

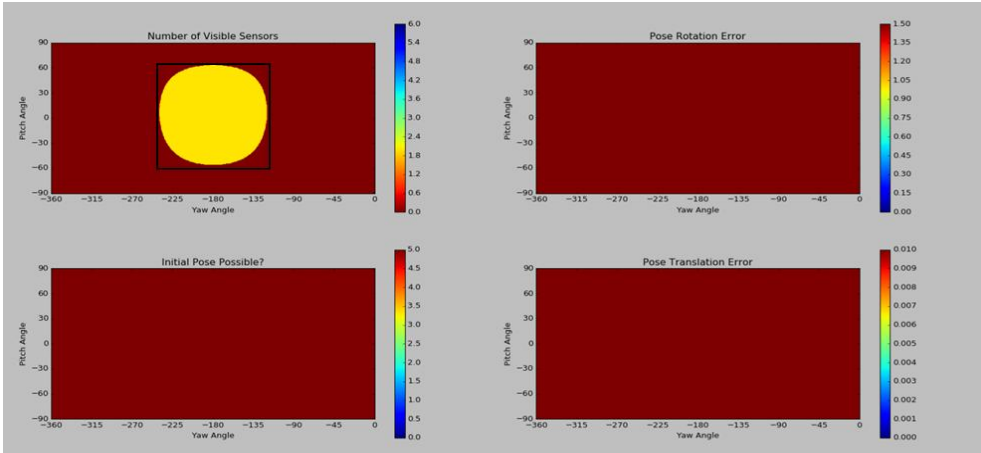
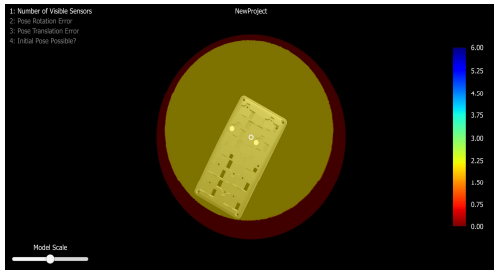
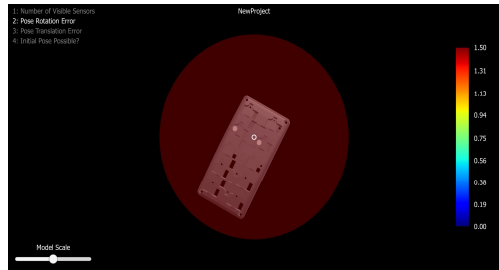


그림 3-40 2개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

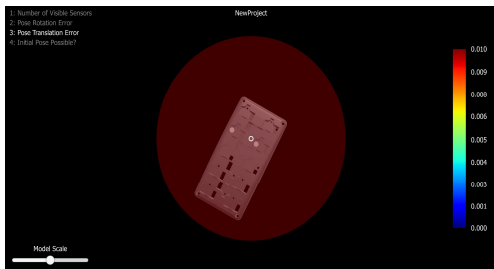
그림 3-40은 2개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 2개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 전 영역에서 추적을 시작할 수 없는 것을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 전 영역에서 오류가 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-41은 2개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



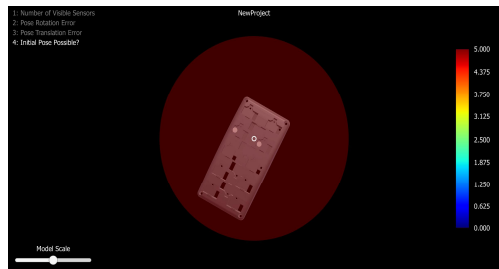
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-41 2개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(2) 4개의 센서 사용

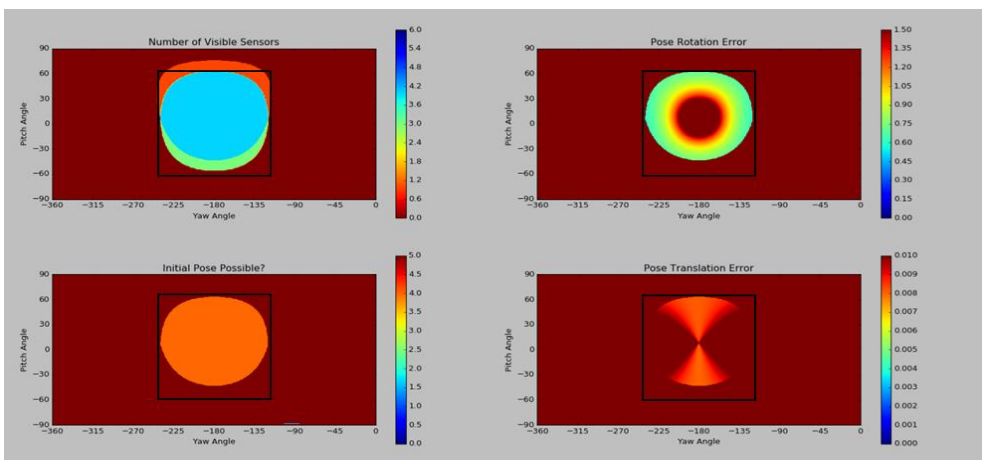
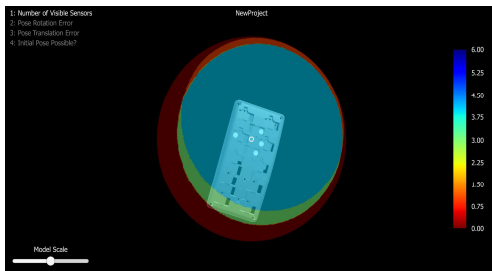
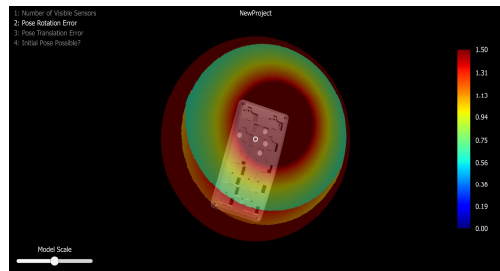


그림 3-42 4개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

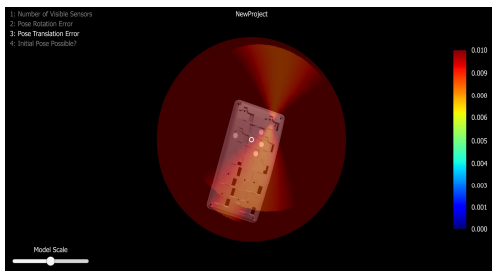
그림 3-42는 4개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ}\sim+60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ}\sim-120^{\circ}$  영역에 4개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-40의 노란색 영역이 하늘색과 연두색으로 변화한 것을 확인할 수 있었고 Pitch Angle  $+60^{\circ}\sim+75^{\circ}$ 에 주황색 영역이 추가되었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 Pitch Angle  $-40^{\circ}\sim+60^{\circ}$ , Yaw Angle  $-250^{\circ}\sim-120^{\circ}$  영역에서 주황색으로 변화하였으나, 초기 추적은 불가능함을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ}\sim+60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ}\sim-120^{\circ}$  영역에서 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-43은 4개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



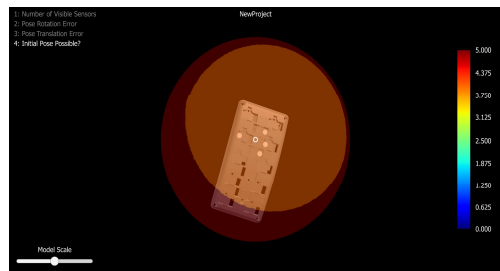
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-43 4개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(3) 6개의 센서 사용

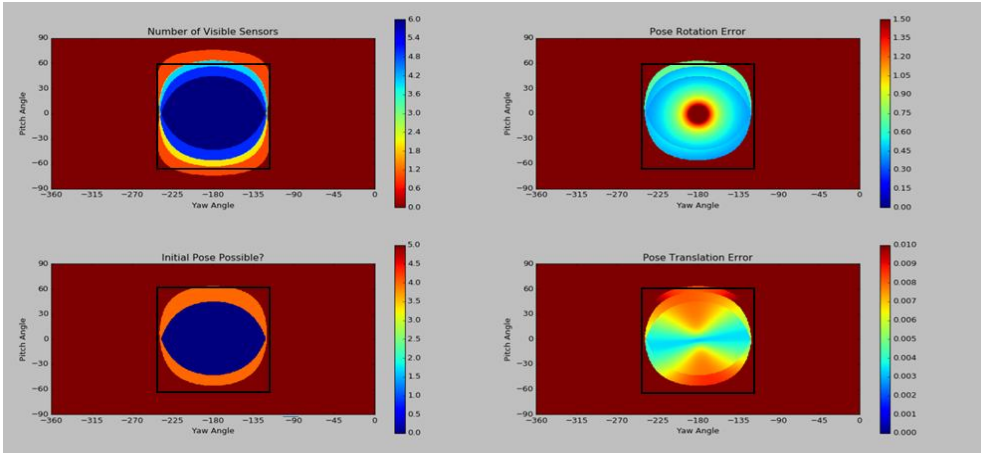
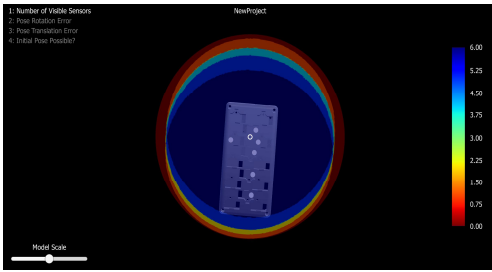


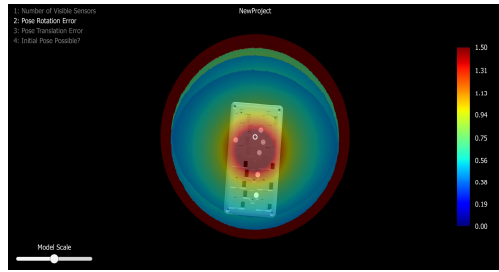
그림 3-44 6개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

그림 3-44는 6개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-42 보다 Pitch Angle의 범위 및 주황색, 노란색, 하늘색, 파란색 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었고 중심부가 진한 파란색으로 변화한 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 그림 3-42 보다 주황색 영역이 넓어 졌으며 중심부가 진한 파란색으로 변화하여 6개의 센서가 연결되었을 때 초기 추적이 가능함을 확인 할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Rotation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-40 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-45는 6개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

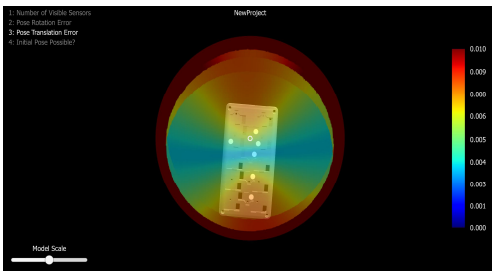




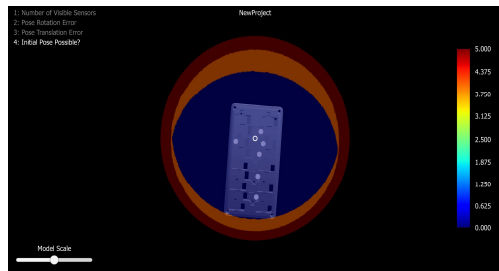
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-45 6개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(4) 8개의 센서 사용

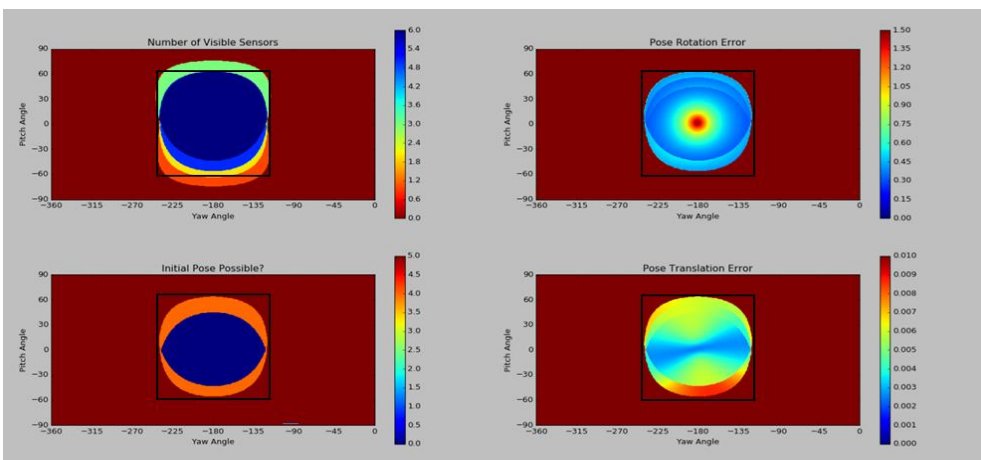
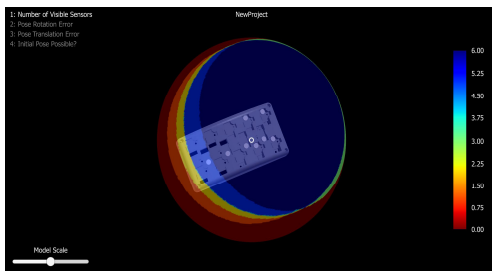
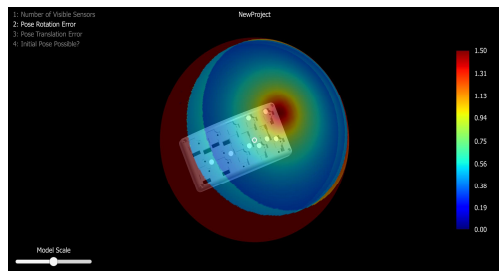


그림 3-46 8개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

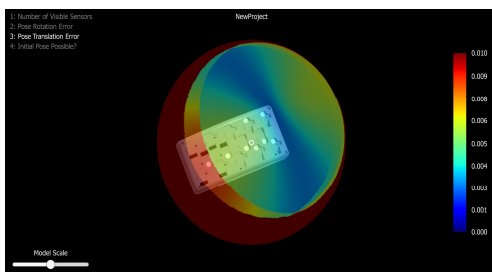
그림 3-46은 8개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-44의 Pitch Angle  $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$  영역이 연두색으로 변화하였으며 중심부의 진한 파란색 영역이 넓어짐을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 3-44와 비슷한 것을 확인 할 수 있었고, 초기에 추적을 시작할 수 있음을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-44 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-47은 8개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



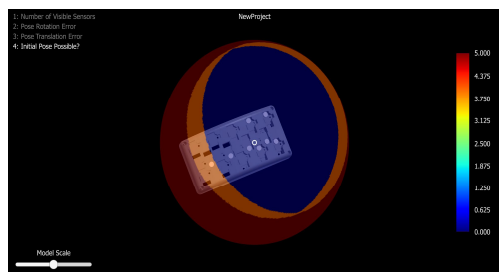
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-47 8개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(5) 10개의 센서 사용

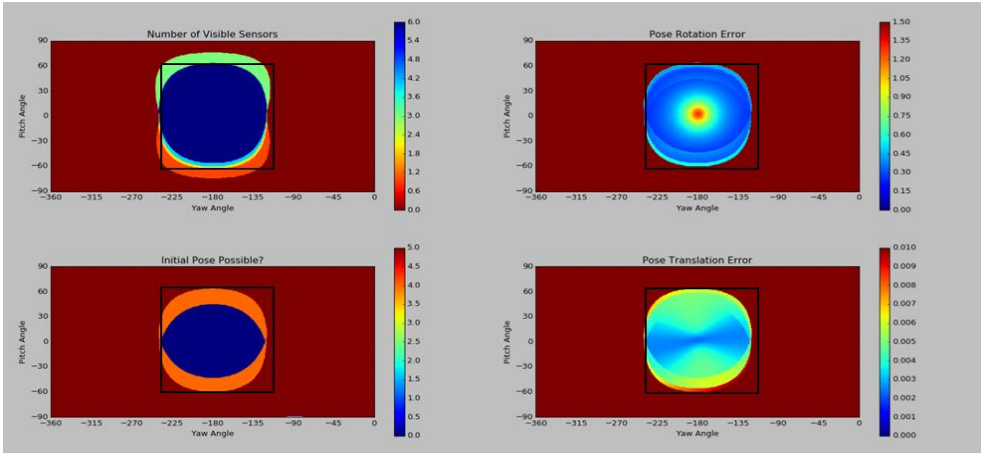
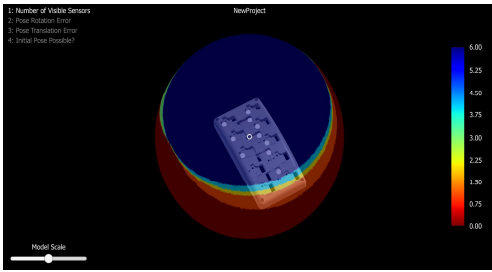
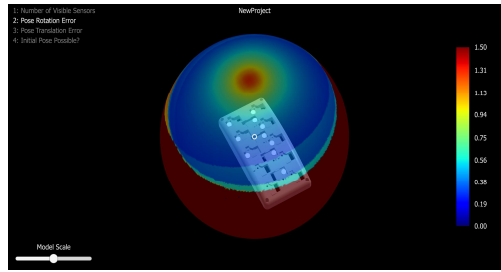


그림 3-48 10개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

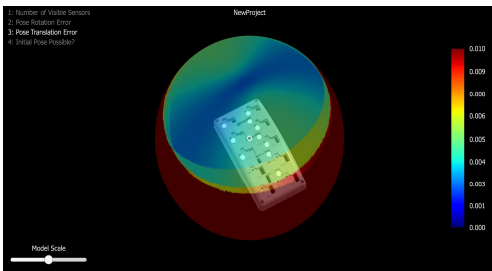
그림 3-48은 10개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-46의 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim -55^{\circ}$  영역이 노란색에서 하늘색으로 변화한 것을 확인할 수 있었고 중심부의 진한 파란색 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 3-46 보다 주황색 영역이 넓어진 것을 확인할 수 있었고, 초기에 추적을 시작할 수 있음을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-46 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-49는 10개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



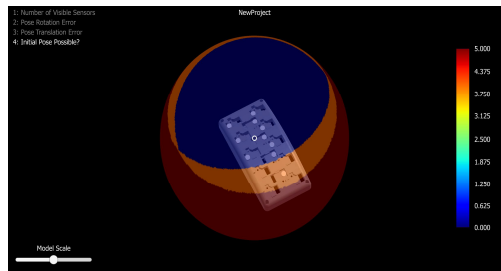
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-49 10개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(6) 12개의 센서 사용

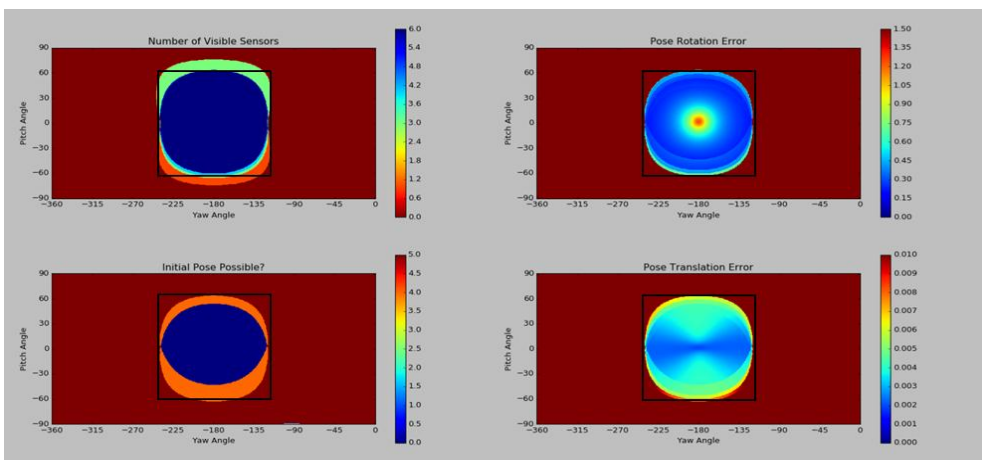
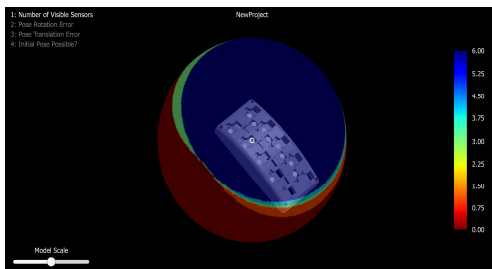
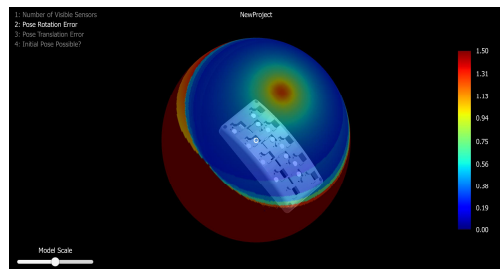


그림 3-50 12개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

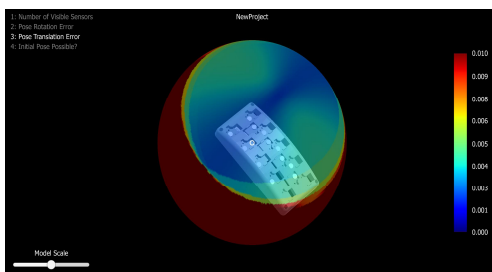
그림 3-50은 12개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-48 보다 진한 파란색 영역이 넓어짐을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 3-48 보다 주황색 영역과 진한 파란색 영역이 넓어진 것을 확인 할 수 있었고, 초기에 추적을 시작할 수 있음을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-48 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-51은 12개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



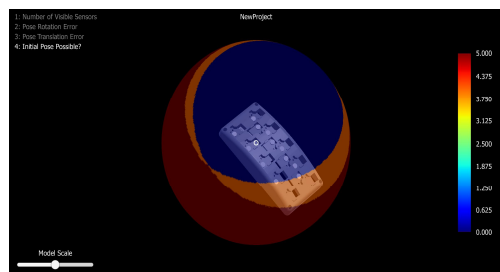
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-51 12개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

(7) 14개의 센서 사용

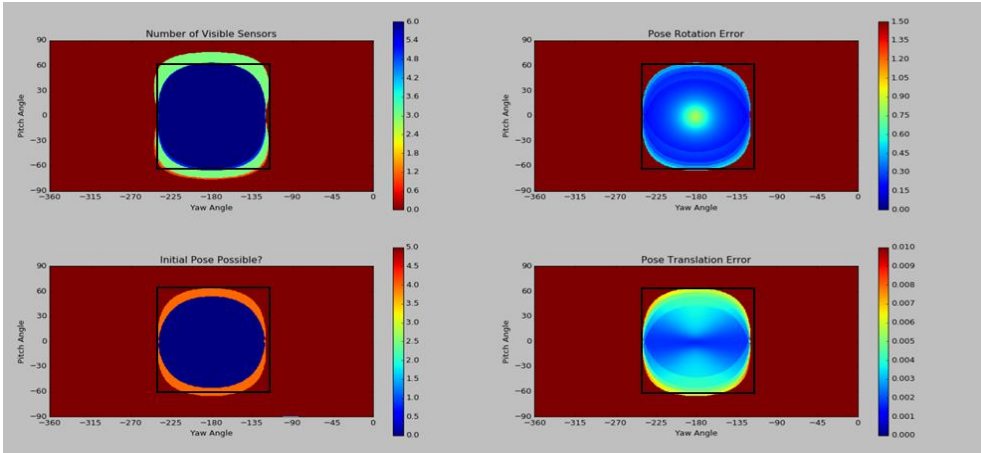
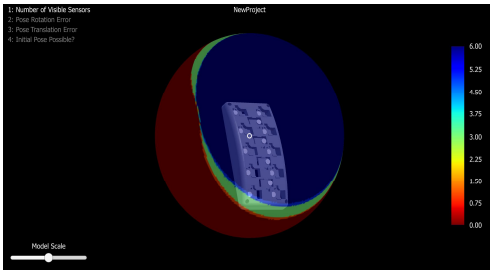
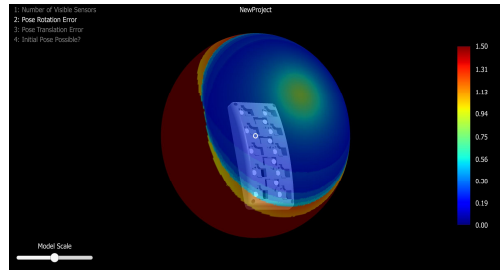


그림 3-52 14개의 센서를 사용했을 때 2D 시뮬레이션

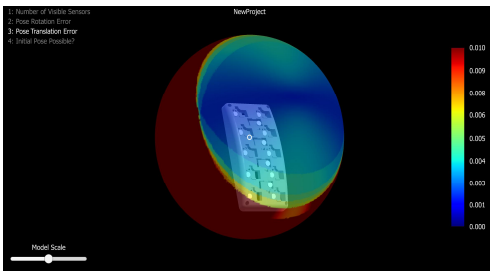
그림 3-52는 14개의 센서를 사용했을 때 Interpreting 시뮬레이션 결과로 "Number of Visible Sensors"에서 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -120^{\circ}$  영역에 6개의 가시 센서가 인식됨을 확인할 수 있었고 그림 3-50의 Pitch Angle  $-70^{\circ} \sim -60^{\circ}$  영역이 주황색에서 연두색으로 변화한 것을 확인할 수 있었다. "Initial Pose Possible" 시뮬레이션 결과 3-50 보다 진한 파란색 영역이 넓어진 것을 확인 할 수 있었고, 초기에 추적을 시작할 수 있음을 확인할 수 있었다. "Pose Rotation Error"와 "Pose Translation Error" 시뮬레이션 결과 검정색 박스 영역인 Pitch Angle  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$  Yaw Angle  $-250^{\circ} \sim -150^{\circ}$  영역에서 그림 3-50 보다 오류가 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 3-53은 14개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



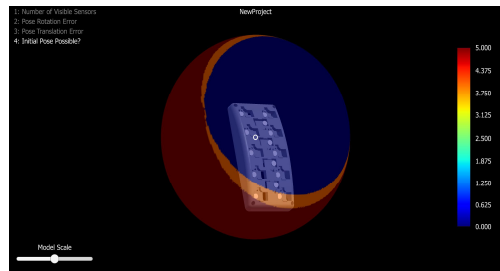
1. Number of Visible Sensors



2. Pose Rotation Error



3. Pose Translation Error



4. Initial Pose Possible

그림 3-53 14개의 센서를 사용했을 때 3D 시뮬레이션

기존 Vive 컨트롤러는 24개의 센서가 컨트롤러의 위치와 방향을 추적하는 반면 제안하는 시스템에서 개발한 인체모형 트래커는 실험결과 최소 센서의 개수가 14개가 연결되었을 때 컨트롤러의 통신이 끊김 없이 연결되었으며, 2D 시뮬레이션 결과 1. Number of Visible Sensors과, 4. Initial Pose Possible에서 침술 컨트롤러 트래커의 상단부는 진한 파란색으로 신호 감지가 원활하고 초기 추적이 가능한 것을 확인 할 수 있었고, 2. Pose Rotation Error와 3. Pose Translation Error 결과 트래커 상단부에서의 신호감지 에러를 확인 할 수 있었다.





## 제 5 절 한의학 교육 콘텐츠

### 1. 콘텐츠 프로세스 구성

한의학 교육 콘텐츠는 경혈(경락) 학습 콘텐츠와 평가 콘텐츠로 구성 되어 있으며, 콘텐츠에 사용되는 한의학 관련 자료는 WHO 표준 경락 14개와 361개의 경혈점에 대한 내용을 포함한다. 그림 3-56은 콘텐츠 프로세스의 구성을 나타낸다.

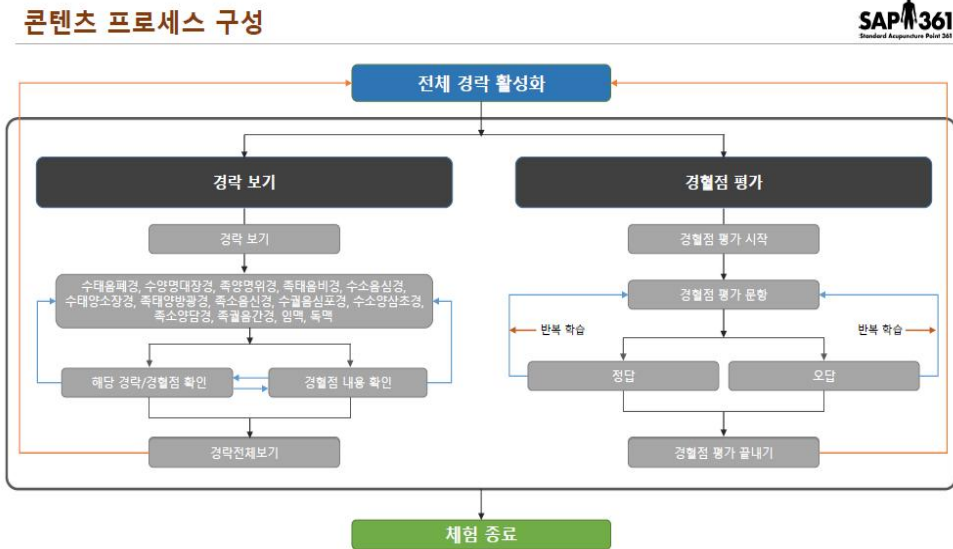


그림 3-56 콘텐츠 프로세스 구성

## 가. 인터페이스

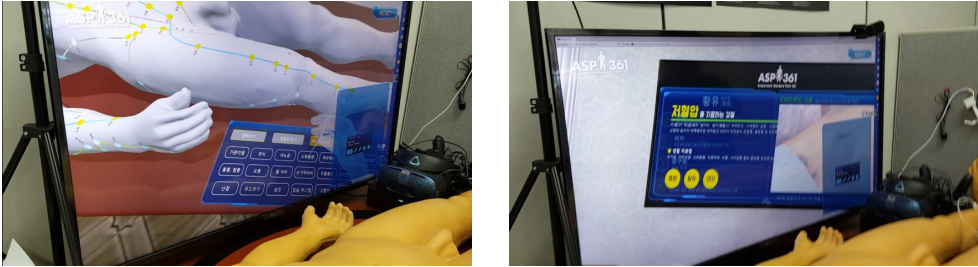


그림 3-57 경혈 학습 및 평가 인터페이스

그림 3-57과 같이 3D 인체모형 하단부에 메뉴선택 인터페이스를 통해, 경락별 경혈점 학습 및 평가 콘텐츠 접근 인터페이스를 설정하였다.

## 나. 경혈 학습 콘텐츠

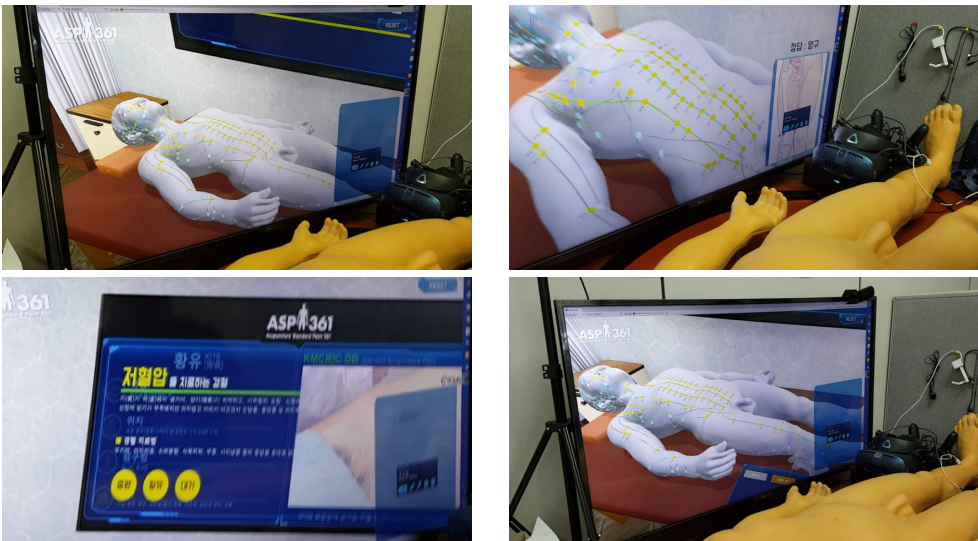


그림 3-58 경혈 학습 콘텐츠

고해상도 스캔 데이터를 이용하여 실감나는 가상 인체모형 데이터를 사용하였으며 가상의 3D 공간 환경에서 실제 환자를 다루는 듯한 느낌을 부여하는 질감과 조명을 구현하였다. 컨트롤러로 실리콘 인체모형의 경혈점을 선택했을 때 가상의 3D 인체모형과 정합되어 경혈 정보가 출력되며 총 361개의 경혈점에 대한 콘텐츠를 그림 3-58과 같이 제작하였으며, 사용자가 충분히 학습할 수 있도록 증상별 경혈 정보 콘텐츠를 제작하였다 그림 3-59는 증상별 경혈 훈련 콘텐츠를 나타낸다.

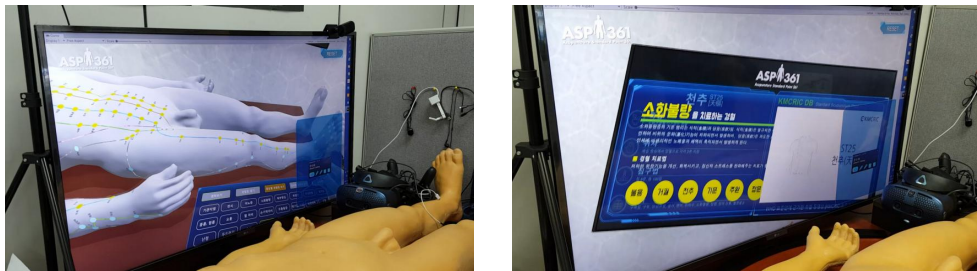


그림 3-59 증상별 경혈 훈련 콘텐츠

#### 다. 경혈 평가 콘텐츠

경혈 평가 콘텐츠는 각 경혈점에 따른 취혈 및 취혈 정확도를 평가하는 방법과 처방(증상)을 고려한 문제를 제시한 후 정확성을 평가하는 시스템으로 구현하였으며, 평가 콘텐츠는 한의학 박사 10명의 자문을 받아 제작하였다.

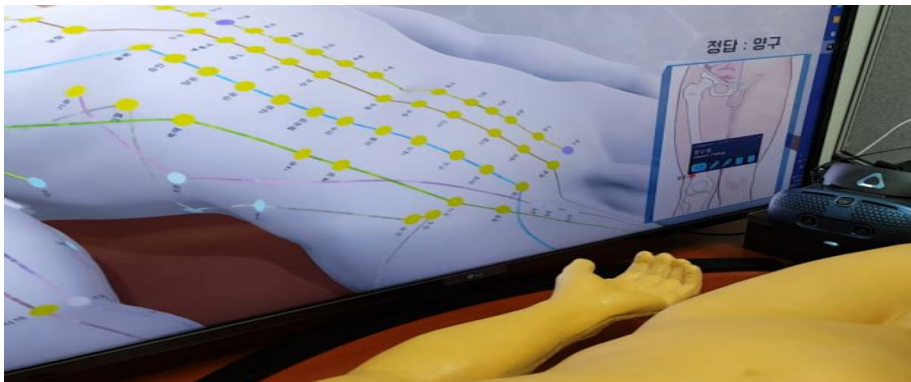
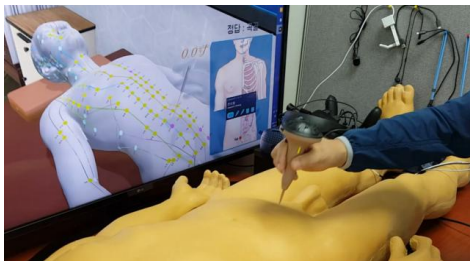
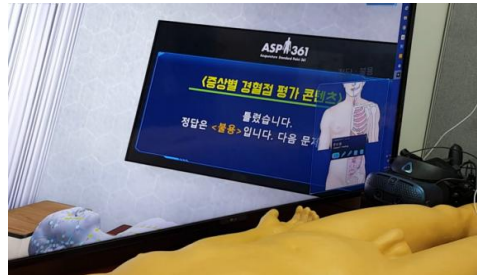
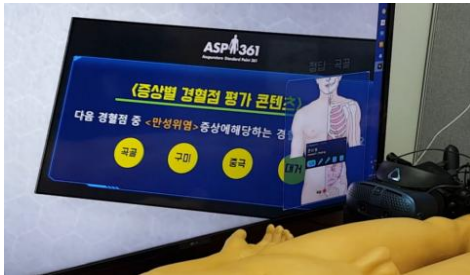


그림 3-60 경혈 평가 콘텐츠

경혈 평가 컨텐츠는 성우 음성과 텍스트로 된 문제가 출제되며 객관식 문제로 평가할 수 있도록 제작하였다. 컨트롤러로 선택한 경혈이 정답일 경우 정답 화면이, 오답일 경우 정답이 표시되도록 컨텐츠를 제작하였다.

평가 컨텐츠를 사용하는 사람은 그림 3-60의 오른쪽 하단의 정답을 확인할 수 없으며, 평가하는 쪽에서 정답을 미리 알고 평가를 용이하게 할 수 있도록 컨텐츠를 제작하였다.

## 제 4 장 성능평가

### 제 1 절 성능평가 환경

본 논문에서 제안하는 시스템의 성능평가 및 컨트롤러의 환경신뢰성 평가를 위해 다음과 같은 평가 환경을 구성하였다.

표 4-1 측정 PC 사양

OS	Windows 10 64bit
CPU	Intel(R) core(TM) i5-7500 CPU 3.40Ghz
RAM	16GB
VGA	NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti

표 4-2 측정 HMD 사양

기기	VIVE Pro
재생빈도	90Hz
시야각	110°
해상도	1080 × 1020

표 4-3 고온고습, 온도변화 평가장비 Spec

온도 범위	(-40 ~ 150) °C
온도 정밀도	± 1.0 °C at 20 °C
온도 상승 시간	RT to 100 °C within 30min
온도 하강 시간	RT to -40 °C within 30min
습도 범위	(20 ~ 85) °C - ~ 95% R.H
습도 정밀도	± 0.5 % at 80 %

표 4-4 진동 평가장비 Spec

Freq. Range (Hz)		1~2600
Rated Force	Sine (kN)	54
	Random (kN)	54
	Shock (N)	108
Max ACC.	Sine (m/s <sup>2</sup> )	857
	Random (m/s <sup>2</sup> )	600
	Shock (m/s <sup>2</sup> )	1714
Max. Vel.	Sine (m/s)	2.4
	Random (m/s)	2.4
Max. Dsp.	Sine (mm)	100
	Max. Travel (mm)	116
Max Load(kg)		1000



## 제 2 절 평가 시나리오

### 1. 평가 시료

성능평가는 제안하는 한의학 침술교육 시스템의 시료는 인체모형 및 침술 컨트롤러, 한의학 침술 콘텐츠로 구성된다.

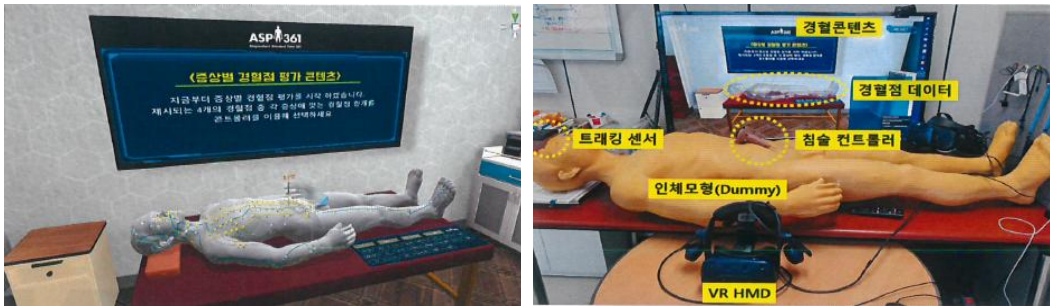


그림 4-1 평가 시료

### 2. 성능평가 항목 및 성능평가 방법

#### 가. 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정

인체모형에서 침술 컨트롤러로 경혈점을 선택했을 때 경혈 콘텐츠에서 경혈점 데이터가 정합되는지를 측정하며, 트래킹 센서를 꺾다 킨 후 1초 안에 경혈점 데이터가 가시화되면 정합된 것으로 판단하며, 30회 반복하여 평균값을 계산한다.



## 나. 경혈 콘텐츠 모션 인식을

침술 컨트롤러를 이용하여 인체모형의 경혈점을 선택(모션) 했을 때 경혈 콘텐츠에서 동일 위치의 경혈점 데이터가 인식되는지를 측정하며, 특정 경혈점 18개를 10회씩 반복 선택하여 평균값을 계산한다. 침술 컨트롤러의 압력을 0.0으로 표기하여 침술 컨트롤러에 압력이 주어지면 숫자가 증가하며 모션이 정상으로 인식되는 상태이다.

## 다. 콘텐츠 연동 렌더링 속도 측정

컨텐츠를 시작부터 종료지점까지 실행하여 fps(초당 프레임 수)를 렌더링 속도로 결정하며, 3회 반복하여 평균값을 계산한다. fps 계산은 고 정밀도 계산을 위해 초당 결과를 보여주는 것이 아닌 이전 작업으로부터 현재 작업이 완료되는 시점의 시간차를 이용하여 연산 횟수를 계산하였다.

## 라. 컨트롤러의 환경신뢰성 성능평가

개발 컨트롤러의 고온고습, 온도변화, 진동, 방진방수 환경신뢰성 성능평가를 진행하여 내구성 판별 실험을 진행하였다. 고온고습은 온도 40°C, 습도 60% R.H 12h 유지로 진행하였고, 온도변화는 5°C/6h 유지 후 60°C/6h유지, 진동은 5Hz~200Hz 1시간 유지, 방수는 IP65 테스트를 진행하였다.

### 제 3 절 성능평가 결과

#### 1. 한의학 침술교육 시스템의 성능평가 결과

##### 가. 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정

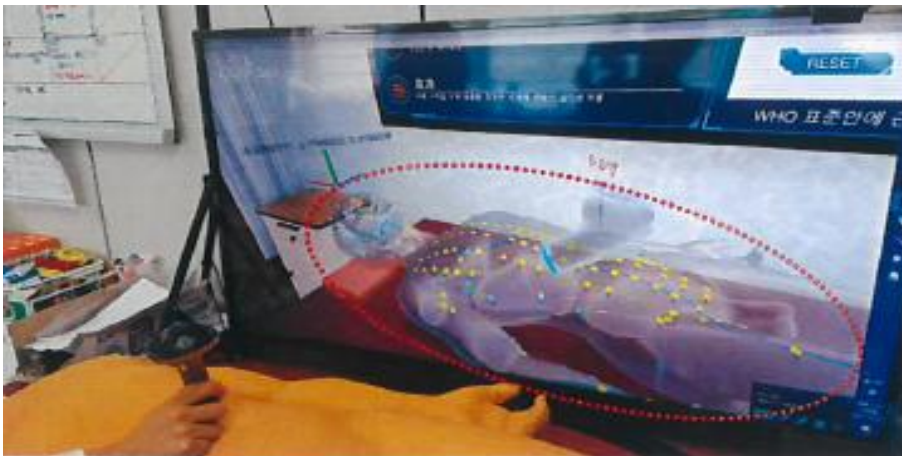
표 4-5 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정 성능평가 결과

(정합 : True, 실패 : False)

횟수	정합결과		횟수	정합결과	
	정합속도(초)	정합판단조건		정합속도(초)	정합판단조건
1	0.68	True	16	0.88	True
2	0.73	True	17	0.89	True
3	0.64	True	18	0.79	True
4	0.72	True	19	0.74	True
5	0.42	True	20	0.76	True
6	0.71	True	21	0.73	True
7	0.76	True	22	0.66	True
8	0.84	True	23	0.72	True
9	0.91	True	24	0.88	True
10	0.85	True	25	0.85	True
11	0.85	True	26	0.64	True
12	0.70	True	27	0.79	True
13	0.95	True	28	0.73	True
14	0.97	True	29	0.86	True
15	0.77	True	30	0.73	True
인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정				100%	



인체모형과 경혈점 데이터 정합 전 (초기 상태-트래킹 센서 off)



인체모형과 경혈점 데이터 정합 후 (가시화 상태-트래킹 센서 on)









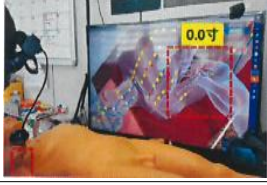

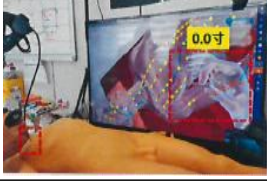

그림 4-2 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 측정 성능평가

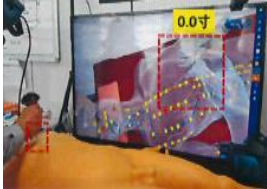

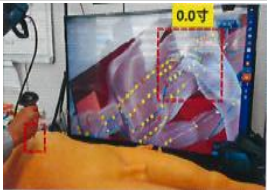
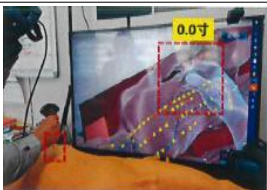

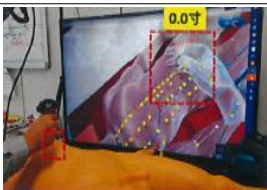

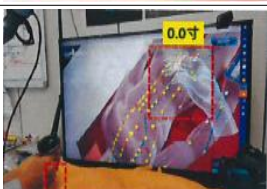



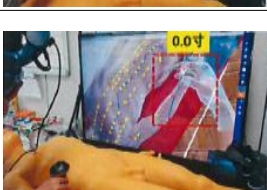
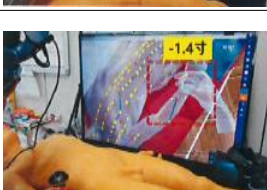
인체모형에서 침술 컨트롤러로 경혈점을 선택했을 때 경혈 콘텐츠에서 경혈점 데이터가 정합되는지를 측정하였으며, 트래킹 센서를 on-off 시킨 후 1초 안에 경혈점 데이터의 정합도를 30회 반복 측정한 결과 평균 0.771667초로 100% 정합함을 확인 할 수 있었다.

## 나. 경혈 콘텐츠 모션 인식을



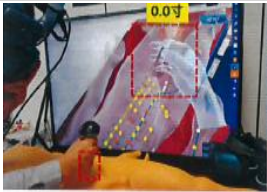







표 4-6 경혈 콘텐츠 모션 인식률 성능평가 결과

(인식 : T, 실패 : F)

경혈점	모션 인식 횟수 및 인식률					인식 결과	
거료	1	2	3	4	5		
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
승장	1	2	3	4	5		
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
기호	1	2	3	4	5		
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
신장	1	2	3	4	5		
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
천천	1	2	3	4	5		
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
천지	1	2	3	4	5		
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		

단중	1	2	3	4	5		▶	
	T	T	T	T	T			
	6	7	8	9	10			
불용	T	T	T	T	T		▶	
	6	7	8	9	10			
	T	T	T	T	T			
거필	1	2	3	4	5		▶	
	T	T	T	T	T			
	6	7	8	9	10			
석관	T	T	T	T	T		▶	
	6	7	8	9	10			
	T	T	T	T	T			
태을	1	2	3	4	5		▶	
	T	T	T	T	T			
	6	7	8	9	10			
황유	T	T	T	T	T		▶	
	6	7	8	9	10			
	T	T	T	T	T			
온류	1	2	3	4	5		▶	
	T	T	T	T	T			
	6	7	8	9	10			
	T	T	T	T	T			



대거	1	2	3	4	5	▶	 
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
중극	1	2	3	4	5	▶	 
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
중문	1	2	3	4	5	▶	 
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
비관	1	2	3	4	5	▶	 
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
양구	1	2	3	4	5	▶	 
	T	T	T	T	T		
	6	7	8	9	10		
	T	T	T	T	T		
경혈 컨텐츠 모션 인식률						100%	

침술 컨트롤러를 이용하여 인체모형의 경혈점을 선택했을 때 경혈 컨텐츠에서 동일 위치의 경혈점 데이터가 인식되는지 측정하였으며, 특정 경혈점 18개를 10회 씩 반복 선택한 결과 100% 경혈 컨텐츠 모션 인식을 확인 할 수 있었다.

## 다. 콘텐츠 연동 렌더링 속도 측정

콘텐츠 연동 렌더링 속도는 이전 작업으로부터 현재 작업이 완료는 시점의 시간차를 이용하여 fps를 계산하는 방법을 사용하였으며, unity 환경에서 오픈 소스를 참조하여 코딩하였다.

```

using UnityEngine;
using System.Collections;
public class FPSDisplay : MonoBehaviour
{
    float deltaTime = 0.0f;
    void Update()
    {
        deltaTime += (Time.unscaledDeltaTime - deltaTime) * 0.1f;
    }
    void OnGUI()
    {
        int w = Screen.width, h = Screen.height;
        GUIStyle style = new GUIStyle();
        Rect rect = new Rect(0, 0, w, h * 2 / 100);
        style.alignment = TextAnchor.UpperLeft;
        style.fontSize = h * 2 / 100;
        float msec = deltaTime * 1000.0f;
        float fps = 1.0f / deltaTime;
        string text = string.Format("{0:0.0} ms ({1:0.} fps)", msec,
fps);
        GUILayout.Label(rect, text, style);
    }
}

```

표 4-7 콘텐츠 연동 렌더링 속도 성능평가 결과

(단위 : 초, fps)

횟수	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도
1	1	133	9	124	17	118	25	128	33	129	41	127	49	119
	2	133	10	126	18	121	26	129	34	121	42	128	50	122
	3	133	11	127	19	125	27	130	35	123	43	129	51	123
	4	124	12	120	20	127	28	120	36	117	44	120	52	125
	5	126	13	122	21	128	29	123	37	121	45	123	53	126
	6	126	14	123	22	129	30	124	38	122	46	124	54	127
	7	128	15	125	23	122	31	126	39	124	47	126	55	120
	8	121	16	127	24	124	32	128	40	125	48	127	56	122
1회 평균 렌더링 속도											124.82fps			
횟수	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도
2	1	91	9	111	17	119	25	122	33	122	41	112	49	114
	2	97	10	115	18	121	26	123	34	123	42	116	50	117
	3	96	11	117	19	124	27	125	35	125	43	110	51	113
	4	101	12	120	20	117	28	126	36	126	44	114	52	116
	5	104	13	121	21	120	29	118	37	118	45	109	53	111
	6	111	14	123	22	125	30	121	38	121	46	113	54	115
	7	115	15	125	23	126	31	114	39	114	47	116	55	118
	8	118	16	127	24	128	32	118	40	118	48	119	56	120
2회 평균 렌더링 속도											117.13fps			
횟수	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도	시간	속도
3	1	91	9	110	17	115	25	115	33	120	41	120	49	124
	2	97	10	114	18	118	26	118	34	122	42	113	50	117
	3	102	11	116	19	121	27	111	35	123	43	117	51	120
	4	106	12	119	20	123	28	115	36	125	44	111	52	114
	5	109	13	122	21	125	29	118	37	119	45	115	53	117
	6	113	14	114	22	118	30	121	38	122	46	117	54	122
	7	109	15	117	23	121	31	115	39	114	47	120	55	124
	8	113	16	111	24	122	32	118	40	117	48	122	56	126
3회 평균 렌더링 속도											116.39fps			
콘텐츠 연동 렌더링 속도											119.45fps			

콘텐츠가 실행될 때의 초당 프레임 수(fps)를 렌더링 속도로 결정하며, 총 3회 반복하여 평균값을 계산한 결과 119.45fps로 측정되었다. 최소 90fps 이하의 렌더링 속도가 나오지 않을 경우 사용자가 어지러움을 느낄 수 있지만 제안하는 시스템과 콘텐츠의 렌더링 속도는 그 이상의 결과값을 얻을 수 있었다.

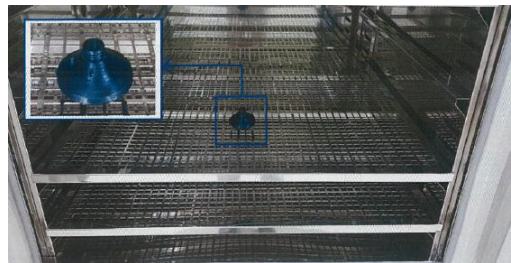


## 라. 컨트롤러의 환경신뢰성 성능평가

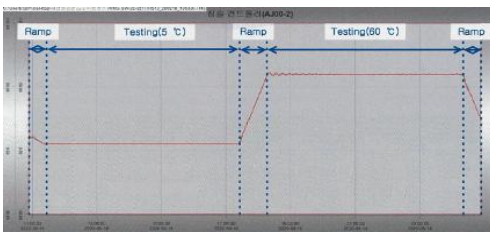
온도변화 및 고온고습 실험은 평가 전 균열 및 변형여부 확인과 LED 동작확인 후 성능평가를 진행하며, 5°C, 60°C 각 6시간 온도변화 실험과, 45°C, 60% R.H 12 시간 온습도 실험을 진행하였다. 실험 후 균열 및 변형여부, LED 동작확인을 진행하였으며, 온도변화 실험 및 온습도 실험을 수행한 결과 시료의 변경, 소손, 파손 등의 결함이 발생되지 않았으며, 내부 PCB의 LED가 정상적으로 동작함을 확인하였다. 그림은 온도변화 및 온습도 실험 프로파일 및 평가 전 후 실험품목을 나타낸다.



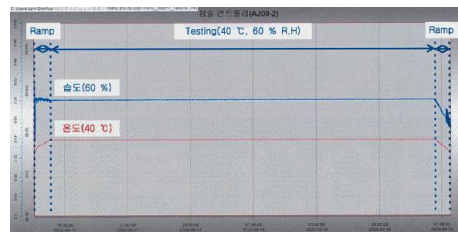
실험 장비



실험 품목 설치



온도변화 실험 프로파일



고온고습 실험 프로파일



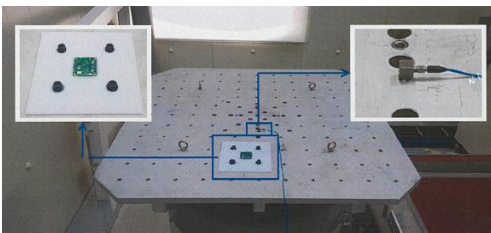
실험 전 실험품목 확인



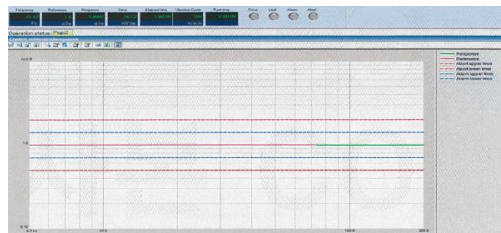
실험 후 실험품목 확인

그림 4-3 온도변화 및 온습도 실험 프로파일 및 실험 전, 후 품목

진동 실험은 실험 전 메인 PCB의 균열 및 변형여부 확인과 LED 동작확인 후 실험을 진행하며, 5~200Hz의 주파수를 인가한 진동 실험을 진행하였다. 실험 후 균열 및 변형여부, LED 동작확인을 진행하였으며, 진동 실험을 수행한 결과 시료의 변형, 소손, 파손 등의 결함이 발생되지 않았으며, 메인 PCB의 LED가 정상적으로 동작함을 확인하였다. 그림은 진동 실험 설치 및 프로파일 및 실험 전 후 실험품목을 나타낸다.



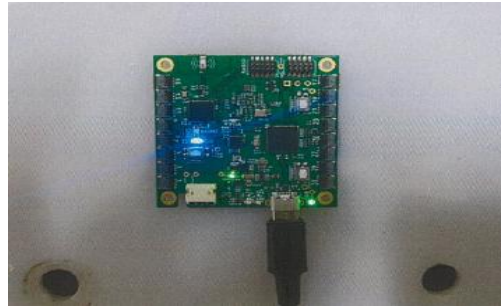
실험품목 및 제어 센서 설치



진동 실험 프로파일



실험 전 실험품목 확인



실험 후 실험품목 확인

그림 4-4. 진동 실험 설치 및 프로파일, 실험 전, 후 품목

방진방수 실험은 KS C IEC 60529(2017) 외함의 밀폐 및 보호등급 구분(IP 65) 실험 방법을 적용하였으며, 방진방수 실험 조건은 다음과 같다.

표 4-8 방진방수 실험 조건

IP	실험조건
6	1) 실험용 활석분진의 표준체 와이어 공칭지름 : 50 $\mu$ m 2) 실험용 활석분진의 표준체 와이어 간격 : 75 $\mu$ m 3) 실험시간 : 8시간
5	1) 노즐의 내부 지름 : 6.3mm 2) 방수율 : 12.5L/min $\pm$ 5% 3) 물 흐름의 중심 : 노즐로부터 2.5m 떨어진 지름 약 40mm 원 4) 실험시간 : 3분 5) 분무방향 : 제품의 모든 방향

방진방수 실험 후 12V 전원을 인가하여 메인 PCB LED 동작유무를 확인하였으며, 방진방수 실험을 수행한 결과 시료의 변경, 소손, 파손 등의 결함이 발생되지 않았다.

## 제 4 절 콘텐츠 적정성 평가

제작한 한의학 교육 훈련 및 평가를 위한 콘텐츠의 적정성을 평가해 주는 국가 공인 실험 기관은 존재하지 않으며 콘텐츠의 적정성 평가를 위해 한의학 전공 교수 및 현업에 종사하는 한의사를 평가그룹으로 구성하여 정량적 평가지침(평가 가이드라인)을 만들고 이에 근거한 콘텐츠의 적정성을 평가하였다.

### 1. 평가 그룹 구성 및 평가 가이드라인 작성

표 4-9 평가 그룹 구성

소속	성명
○○대학교 한의과대학	김 ○○ 교수
○○대학교 한의과대학	최 ○○ 교수
○○대학교 한의과대학	권 ○○ 교수
○○한방병원	설 ○○ 원장
○○한방병원	신 ○○ 원장
○○한방병원	김 ○○ 원장
○○한방병원	송 ○○ 원장
○○한방병원	안 ○○ 원장
○○한방병원	이 ○○ 원장
○○한방병원	조 ○○ 원장

표 4-10 평가 가이드라인 작성

구분	문항	평가표					
		1점	2점	3점	4점	5점	
1	감각적 몰입성	MR 침술환경이 실제처럼 느껴졌다					
2		실제로 침술훈련을 하는 것 같이 느껴졌다					
3		MR 영상이 끊김없이 지속되었다					
4		체험하는 동안 어지러움은 없었다.					
5	조작 용이성	침술 컨트롤러를 이용하기 쉬웠다					
6		메뉴선택 및 조작이 쉬웠다					
7	컨텐츠 내용의 적절성	유효 경혈점의 개수가 적절했다					
8		경혈 컨텐츠의 내용과 수준이 만족스러웠다					
9		증상의 가짓수가 적절했다					
10		증상별 경혈점 컨텐츠 내용이 만족스러웠다					
11		인체대비 경혈점이 잘 구현되어 있다					
12		인터랙션과 컨텐츠가 잘 매칭되어 있었다					
13		전체적으로 컨텐츠가 만족스러웠다					
14	컨텐츠 체험 만족도	MR침술훈련이 실제와 비슷한 교과가 있다					
15		증상과 경혈에 대한 이해도를 높일 수 있었다					
16		경혈 및 증상별 경혈 평가가 학습에 도움이 되었다					
17		MR 침술훈련이 흥미로웠다					
18		침술훈련이 필요한 동료에게 권하고 싶다					
19	컨텐츠 완성도	실체 침술훈련에 적용해도 무리가 없는 것 같다					
20		인터랙션 반응속도, 그래픽이 만족스럽다					



## 2. 콘텐츠 적정성 평가



그림 4-5 콘텐츠 적정성 평가

### 3. 콘텐츠 적정성 평가 결과

표 4-11 콘텐츠 적정성 평가 결과

구분	문항	평가결과	
1		MR 침술환경이 실제처럼 느껴졌다	3.9
2	감각적	실제로 침술훈련을 하는 것 같이 느껴졌다	4.2
3	몰입성	MR 영상이 끊김없이 지속되었다	4.7
4		체험하는 동안 어지러움은 없었다.	4
5	조작	침술 컨트롤러를 이용하기 쉬웠다	4.1
6	용이성	메뉴선택 및 조작이 쉬웠다	4.5
7		유효 경혈점의 개수가 적절했다	4.7
8		경혈 콘텐츠의 내용과 수준이 만족스러웠다	4.7
9	콘텐츠	증상의 가짓수가 적절했다	4.1
10	내용의	증상별 경혈점 콘텐츠 내용이 만족스러웠다	4.1
11	적절성	인체대비 경혈점이 잘 구현되어 있다	4.3
12		인터랙션과 콘텐츠가 잘 매칭되어 있었다	4.6
13		전체적으로 콘텐츠가 만족스러웠다	4.4
14		MR침술훈련이 실제와 비슷한 교과가 있다	4.1
15	콘텐츠	증상과 경혈에 대한 이해도를 높일 수 있었다	4.4
16	체험	경혈 및 증상별 경혈 평가가 학습에 도움이 되었다	4.4
17	만족도	MR 침술훈련이 흥미로웠다	4.6
18		침술훈련이 필요한 동료에게 권하고 싶다	4.4
19	콘텐츠	실체 침술훈련에 적용해도 무리가 없는 것 같다	4
20	완성도	인터랙션 반응속도, 그래픽이 만족스럽다	4.3
전체 평균			4.325

제안하는 시스템을 직접 경험하고 다양한 체험 후 콘텐츠 적정성을 평가하는 방식으로 진행하였으며, 전문가 평가 그룹 10명과 한의학과 학생 그룹 40명을 대상으로 콘텐츠 적정성을 평가한 결과 평균 4.325/5 점으로 높은 만족도를 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

## 제 5 장 결 론

혼합현실 기술은 이용자가 일방적으로 가상세계 정보를 수용하는 것이 아니라 현실세계로 가상세계의 정보를 가져오거나, 이용자가 직접 참여하며 상호작용 할 수 있어 실제 정보의 사용 및 활용도가 높을 것으로 예상되며 혼합현실 시장에 대한 기대가 높아지면서 글로벌 IT 기업을 중심으로 관련 제품 개발도 본격화 되고 있다. 가상현실, 증강현실, 혼합현실 기술들은 게임 산업을 시작으로 의료, 제조, 군사, 등 다양한 분야에 활용되고 있으며 앞으로의 발전 가능성이 높은 분야로 손꼽히고 있다.

국내·외 의학교육에서는 의료사고를 줄이고 정교한 기술숙달을 위해 환자를 대하는 것과 같은 유사한 모의환경을 구축하고 이에 맞는 교육 콘텐츠 개발이 활발히 일어나고 있으며 이론위주의 의학교육에서 임상실습으로 교육 패러다임의 변화와 디지털 융복합 환경의 지속적인 발전으로 정보기술의 융합화 추세가 가속화 되어가는 현실에서 아날로그적 교육환경이 시간과 장소 및 현실의 여러 가지 제약을 뛰어넘는 디지털 방식의 교육환경으로 변화하고 있다. 양방 의학에서는 의료 사고에 대한 사회적 비용의 증가를 극복하기 위해 인공적인 신체모형을 만들거나 햅틱 장비 등을 이용한 의료 시뮬레이터 교육이 증가하는 추세이며, 위험부담이 있는 실제 인체 대상의 의료 시술 훈련보다 반복 훈련을 통한 기술습득이 가능한 표준화된 커리큘럼 기반의 의료 훈련용 시뮬레이터를 사용하는 반면 한의학 교육 현장에서는 의료기술을 객관적으로 평가할 수 있는 표준화된 모델의 부재로 개인의 감에 의지한 의료 훈련이 진행되고 있다. 국내 한의학 교육계에서는 다양한 연구를 진행하였지만, 침술을 반복적으로 훈련하고 객관적으로 평가하기 위한 침술 교육용 시스템이 개발된 바가 없으며, 학우간의 상호 신체를 대상으로 실습과 평가가 이루어지는 등 침습적이며 객관적이지 못한 수준에서 침술 교육이 진행되고 있다.



본 논문에서는 한의학 침술교육 및 훈련을 위해 인체모형과 컨트롤러, 가상 콘텐츠 통합기술이 융합된 한의학 교육 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 MR 콘텐츠와 연동되는 침술훈련용 인체모형과 MR 콘텐츠와 연동되는 침술 컨트롤러, 트래커, 콘텐츠 연동을 위한 제어 인터페이스 SW, 한의학 교육 콘텐츠 포함한다.

개발한 침술컨트롤러는 9개의 센서를 사용하여 제작 인체모형과 콘텐츠와의 정합을 확인할 수 있었으며, 인체모형 트래커는 14개의 센서를 사용하여 침술컨트롤러의 위치 값을 확인할 수 있었다.

성능평가 결과 인체모형과 경혈점 데이터 정합도 100%, 경혈 콘텐츠 모션 인식을 100%를 보였으며, 평균 콘텐츠 연동 렌더링 속도는 119.45fps로 측정되었다. 제작 침술 컨트롤러의 환경 신뢰성 성능평가로 고온고습, 온도변화, 진동, 방수 (IP65) 테스트를 진행하였으며, 현재 상용중인 가상현실 디바이스 컨트롤러의 환경 신뢰성 성능평가 조건을 만족하였다.

향후에는 제안하는 시스템에서 제작한 콘텐츠를 활용하여 한의학 통합교육 테이블을 개발할 예정이며 한의학의 세계화를 위해 한의학 교육과 IoT를 접목하는 연구를 진행할 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 나필화, “가상현실 환경 구현을 위한 데이터베이스를 이용한 통합 저작도구 개발,” 충남대학교 대학원, 석사학위논문, 2001, pp.1-67
- [2] Sankar Jayaram, Hugh I Connacher, and Kevin W Lyons, “Virtual assembly using virtual reality techniques,” *Journal of Computer-Aided Design*, vol. 29, no 8, Aug. 1997, pp.543-600,
- [3] E. D. Ragan, D. A. Bowman, R. Kopper, C. Stinson, S. Scerbo, and R.P. McMahan, “Effects of field of view and visual complexity on virtual reality training effectiveness for a visual scanning task,” *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 21, no 7, Jul. 2015, pp.794-807
- [4] Neal E. Seymour, Anthony G. Gallagher, Sanziana A. Roman, Michael K. O'Brien, Vipin K. Bansal, Dana K. Andersen, and Richard M. Satava, “Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study,” *Annals of surgery*, vol. 236, no 4, Oct. 2002, pp.458-464
- [5] E. O. Bratt, “Intelligent Tutoring Systems : an Overview,” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 19, 2009, pp.337-356
- [6] D. Vlachopoulos and A. Makri, “The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 14, no 1, Jul. 2017, pp.1-33
- [7] Sung-Ho Choi and Jong-Seo Won, “The Effects of Device on Virtual Reality based Education: Focused on Immersion, Social Consciousness, and Learning Motivation,” *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 18, no 1, Jan. 2018, pp.487-492

- [8] Hun-koog Jho, Ok-Su Hong, and Jin-Woong Song “An analysis of STEM/STEAM Teacher Education in Korea with a Case Study of Two Schools from a Community of Practice Perspective,” *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, vol. 12, no 7, Jul. 2016, pp.1843–1862.
- [9] National IT Industry Promotion Agency, “Analysis of policy trends and case studies of immersive educational contents using VR·AR,” NIPA, 2019.
- [10] Nam-Gyu Yoo and Sung-Hoon Kim, “A Study of Applications on Short – Form Video Content for Activation of Virtual Reality,” *Journal of the Korean Society Design Culture*, vol. 27, no 1, Mar. 2021, pp.261–270
- [11] J. Kim, D. Park, P. Lee, J. Cho, S-H Yoon, and S. Park, “Development of Management and Evaluation System for Realistic Virtual Reality Field Training Exercise Contents : A Case Study,” *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, vol. 26, no 3, Jul. 2020, pp.111–121
- [12] 김영범, 박영하, “VR/AR/MR 가상훈련시스템 기술동향,” *한국통신학회지(정보와통신)*, 제 36권, 제 10호, 2019, pp.72–78
- [13] Seon-Hui Bak, Gi-Young Yun, and Jong-Hwan Bae, “Implementation of Portable SAM Training System for Virtual Reality Technology,” *Proceedings of KIIT Conference*, Jun. 2018, pp.155–156
- [14] Myung-Hwan Park, Sang-Soo Lee, Ki-Seok Jeon, and Hyeonju Seol, “A Study on the Development Direction of Education and Training System based on AR/VR Technology,” *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 22, no 4, Aug. 2019, pp.545–554
- [15] Chi-Jung Kim and Min-Hyuk Chang, “Recent Trends in Device Technology for Virtual Reality Contents,” *Proceedings of KIIT Conference*, Dec. 2017, pp.267–268

- [16] Keon-Hee Park and Seong -Ah Chin, “HUD Interface and VR Content interaction: VR+HUD,” *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent With Art, Humanities, and Sociology*, vol. 8, no 4, Mar. 2018, pp.925-932
- [17] Yong-Hyun Cho, “Development of MR-based Digital Care Contents to Improve Cognitive Function,” *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 30, no 4, Aug. 2020, pp.272-277
- [18] Eun-Jee Song, “Virtual Reality Industry Analysis and How to Activate,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no 4, Apr. 2018, pp.656-663
- [19] Ha-sup Lee, Hyung-Seok Kim, Joo-Young Lee, Bo-Yu Gao, and Jee-In Kim, “Ubiquitous Virtual Reality using Multiple Devices,” *The HCI Society of Korea*, Jan. 2016, pp.608-610
- [20] Ji-Young Kang, “Study on Multimodal Tactile Interface using Wearable Technology for Virtual Reality Environment,” *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 21, no 3, Mar. 2020, pp.463-469
- [21] Eui-Chul Hwang, “Analysis of Edu-Tech Trends Using Virtual and Augmented Reality,” *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, vol. 29, no 1, Jan 2021, pp.115-116
- [22] Ho-Gun Lee, “Analysis of NSP(New Southern Policy) Countries' Edutech Market for Overseas Expansion of Korean ICT-based Educational Services,” *International Commerce and Information Review*, vol. 21, no 4, Dec. 2019, pp.237-256
- [23] Jung-Suk Hyun and Chan-Jung Park, “Analysis of Research Trends in STEAM Education Based on Edutech,” *The Korean Association of Computer Education*, Jan. 2020, pp.89-91

- [24] Kyung-Min An and Aria Seo, “Exploring of Priority the Edu-tech Content Development in Virtual and Augmented Reality: an application of AHP method,” *The e-Business Studies*, vol. 20, no 7, Dec. 2019, pp.233-260
- [25] Seung-Min Lee, “Legal Issues and Suggestions for Reforming the Current Legal System on VR/AR,” *Journal of Law & Economic Regulation*, vol. 13, no 1, May. 2020, pp.75-95
- [26] Tae-Jun Ha and Hee-Won Kye, “Medical data visualization using Unity3D game engine,” *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, vol. 23 no 3, Jul. 2017, pp.87-94
- [27] Sang-Jae Seo and Moon-Ki Kim, “Development of Medical Needle Insertion Simulator Using a Haptic Device,” *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, vol. 8, no 12, Dec. 2010, pp.13-19
- [28] Ji-Hye Lee, “A Study on the Revitalization of Virtual Reality-Based Education,” *Journal of the Korean Society Design Culture*, vol. 25, no 1, Mar. 2019, pp.357-366
- [29] Mi-Kyung Kim and Chang-Ho Han, “A Survey on the Educational Status of Basic Korean Medicine and Basic Medical Science in Colleges of Korean Medicine in 2020,” *The Journal of Korean Medicine*, vol. 41, no 3, Sep. 2020, pp.98-124
- [30] Jeong-Hyeok Lee and Byoung-Soo Kim, “Screening of 56 Herbal formulas covered by the National Health Insurance Service on Dementia-related Factors,” *The Journal of Korean Medicine*, vol. 39 no 3, Sep. 2018, pp.28-40
- [31] 양성안, “다중센서 기반 침술 훈련 도구 및 가상 시뮬레이터 구현,” 전남대학교 산업대학원, 석사학위논문, 2020, pp.1-54

- [32] Chang-Ju Ryu, Sang-Duck Lee, and Seung-Jo Han, “Design of Acupuncture Contents and Dummy for Acupuncture Training System,” Journal of Advanced Engineering and Technology, vol. 13, no 1, Mar. 2020, pp.45–50
- [33] Chang-Ju Ryu, Sang-Duck Lee, and Seung-Jo Han, “Design of Acupuncture Controller and Dummy for Acupuncture Training System based MR,” The Journal of Korean Institute of Smart Media, vol. 9, no 2, Jun. 2020, pp.86–91
- [34] SteamVR Tracking, “Interpreting Simulation Output,” 2016, pp.1–15
- [35] SteamVR Tracking, “Object Design and Integration Overview”, pp.1–16