



# 인간공학적 제품 개발을 위한 가상 현실 기반 사용성 평가 시스템 개발

(Development of a Usability Testing System  
Based on Virtual Reality for Ergonomic Product Development)



박종배, 최신아, 이예진, 김민재, 유희천

포항공과대학교 산업경영공학과

---

# Contents

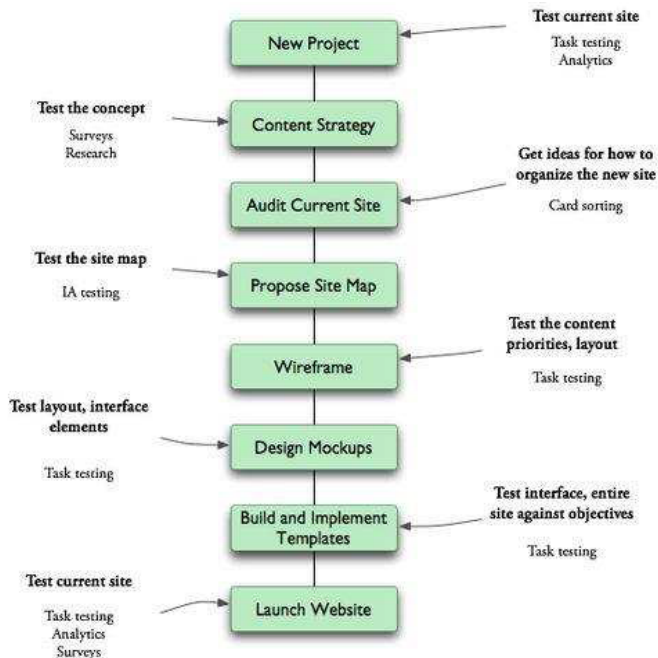
---

- **서론**
    - 연구 배경 및 필요성
    - 연구 목적
  - **본론: 가상 환경 기반 사용성 평가 시스템 개발**
    - 활용 HW 및 SW
    - 개발 시스템 환경
    - 개발 시스템 주요 기능
  - **개발 시스템 장점, 기대효과 및 한계점**
  - **추후 연구 방향**
-

# 현재 사용성 평가 방법

- 주관식 설문과 시나리오 기반 사례 테스트를 통한 사용자 경험 도출 (Wu et al., 2020)
  - ✓ 제품의 효율성, 유효성, 만족도에 대한 설문을 통해 이루어짐 (Lee et al., 2011)
- 사용자를 통한 정성적 데이터를 확보하는데 도움 (Martínez Sandoval et al., 2019)

## 소프트웨어 개발 시 사용성 평가 과정 (Niranjanamurthy et al., 2014)



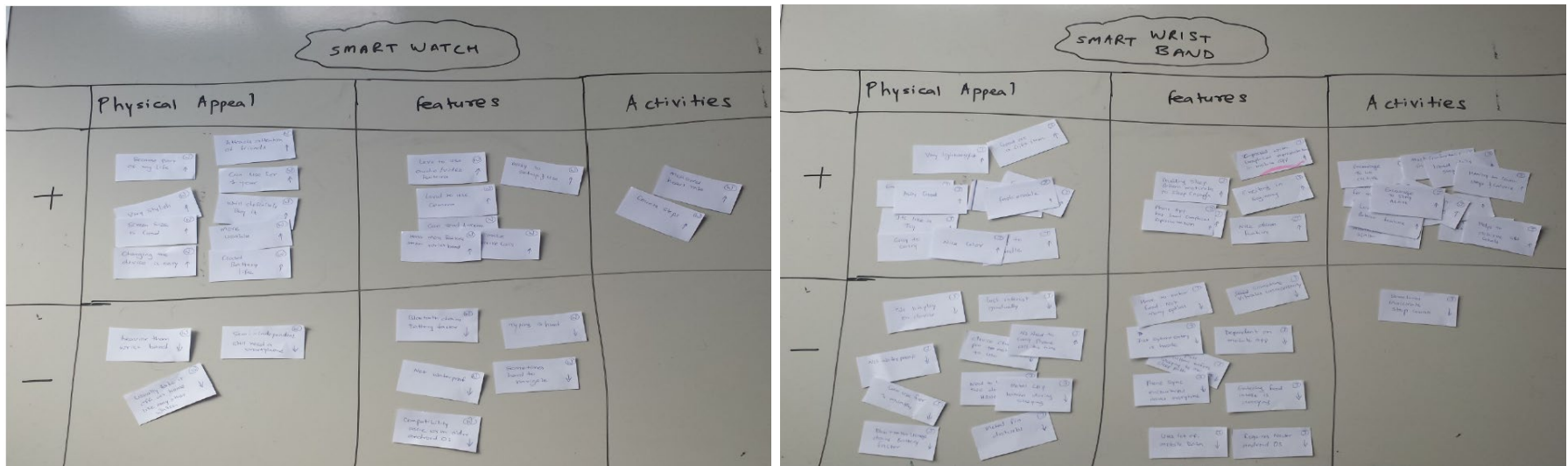
## 사용성 평가 설문지 (Lee et al., 2011)

Component	Task	Usability questions		Score
Brush	Connection of brush to tube	Ease of use	The extent to which the brush is connected to the tube at a single trial without error	Low ① ② ③ ④ ⑤ High
			The extent to which the brush is easily connected to the tube	① ② ③ ④ ⑤
	Disconnection of brush from tube	Ease of use	The extent to which the button on the brush is pressed by applying a proper force	① ② ③ ④ ⑤
			The extent to which the brush can be easily disconnected from the tube	① ② ③ ④ ⑤
Carriage handle	Movement	Comfortable posture	The extent to which the handle is operated with a comfortable posture at the hand and arm	① ② ③ ④ ⑤
		Effective use of force	The extent to which the handle is operated with a evenly distributed force	① ② ③ ④ ⑤
			The extent to which the handle is operated by a proper amount of force to move the cleaner	① ② ③ ④ ⑤
		Fit to the hand	The extent to which the handle is easily grasped	① ② ③ ④ ⑤
			The extent to which the handle fits the hands in various sizes and shapes	① ② ③ ④ ⑤
		Ease of use	The extent to which the handle is effective to keep the cleaner body balanced during movement	① ② ③ ④ ⑤

# 현재 사용성 평가 방법의 한계점

- 주관적 평가 결과의 활용성과 효용성 한계 (Lee et al., 2011)
- 시제품 생산 비용이 큼
- 사용자 피드백에 따른 즉각적 디자인 수정이 어려움

참가자 주관으로 결정되는 사용성 평가 결과  
(Dhawale et al., 2016)

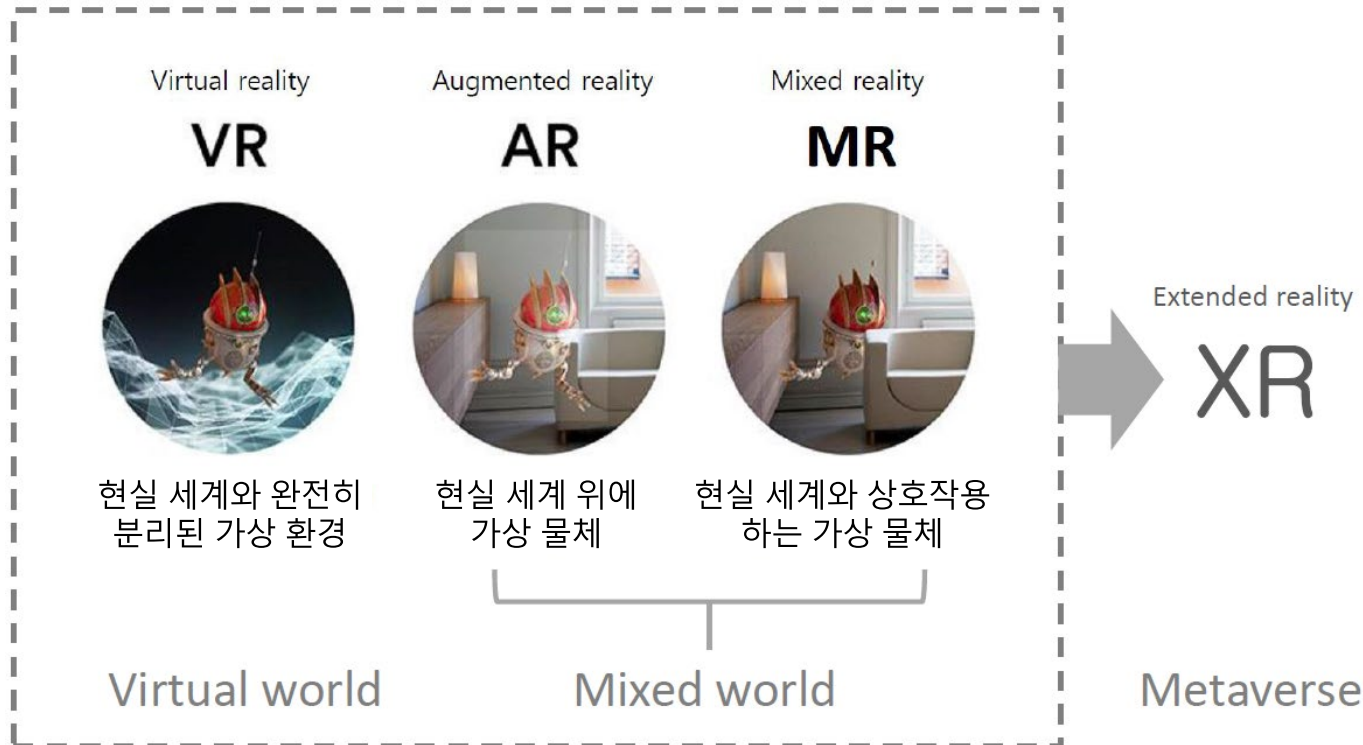




# 가상 환경 기술 (1/2)

- 가상세계에서 실시간으로 상호작용하는 인간-컴퓨터 인터페이스(Kim and Park, 2012)
- 가상 현실 기술은 3D 시각화 및 몰입형 기술을 통해 다양한 분야에서 광범위하게 채택되고 있음(Venkatesan et al., 2021)

## 가상 환경 기술의 종류



# 가상 환경 기술 (2/2)

기술	개요	장점	단점
<b>VR</b> Virtual Reality	컴퓨터로 가상환경(VE) 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMD를 통한 몰입형 환경을 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현실 세계와 차단되어 현실과의 상호작용은 약함</li> </ul>
<b>AR</b> Augmented Reality	현실 세계 위에 가상 정보를 중첩	<ul style="list-style-type: none"> <li>현실 세계와 상호작용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR에 비해 몰입감이 비교적 떨어짐</li> </ul>
<b>MR</b> Mixed Reality	현실 세계 아래에 가상 환경 구축 가능	<ul style="list-style-type: none"> <li>몰입형 경험 제공</li> <li>의료 및 엔지니어링 산업에 중점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술적 제약 (시야가 다소 좁음)</li> </ul>
<b>XR</b> eXtended Reality	VR, AR, MR 기술로 생성되는 실제와 가상이 결합된 모든 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>현실과 가상 전체의 스펙트럼을 포함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술적 제약</li> </ul>

# 가상 현실 기술 제품 설계 분야 적용 사례 (1/2)

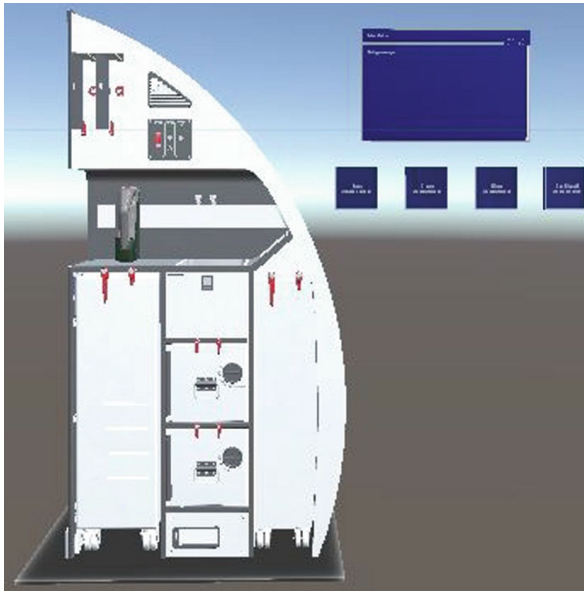
- 가상 현실 기반 의료용 헬리콥터 승객실 설계 후, 상호작용 성능 및 효율 분석(Pelaez-Restrepo et al., 2021)
  - ✓ 3D modeling software(3DEXPERIENCE, Dassault Systèmes, France)를 사용하여 가상 헬리콥터 승객실 구현
  - ✓ 전문가가 가상 승객실을 체험한 후, 현실감이나 상호작용 등 전반적인 효율성에 대한 긍정적 피드백 제공



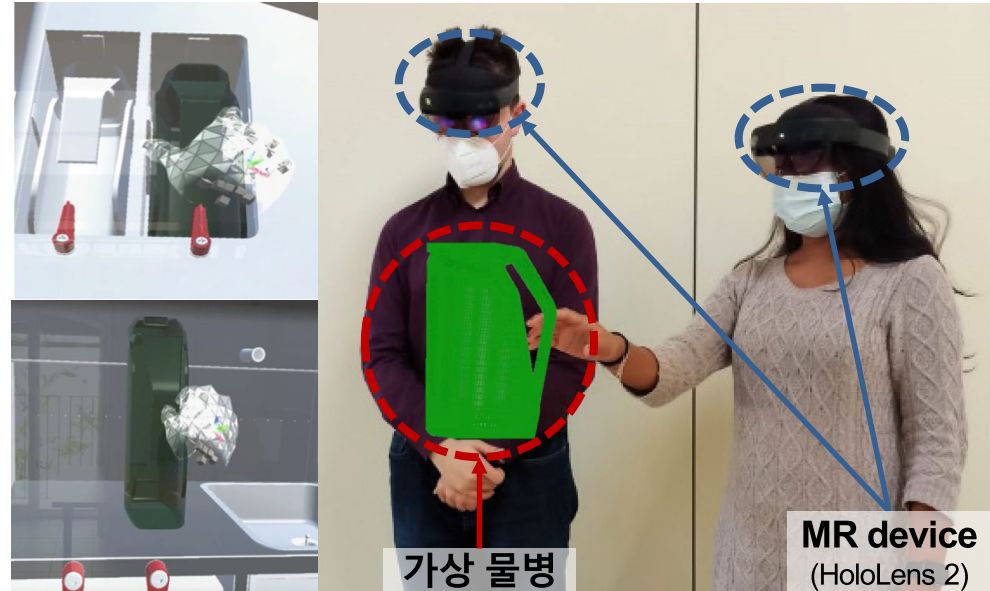
# 가상 현실 기술 제품 설계 분야 적용 사례 (2/2)

- 가상 현실 기반 항공기 조리실 설계 사용성 평가 공동 창의 플랫폼을 개발하여 승무원 · 설계자 · 인간공학 전문가의 효과적 협업 환경 구현 (Santhosh et al., 2022)
  - ✓ C# coding과 다중 네트워크 서버로 여러 명 동시 접속 가능
  - ✓ Hand tracking을 통해 조리실 및 조리 도구와 상호작용하면서 작업 성능 및 도달성 · 유용성 평가

MR로 구현한 항공기 조리실



가상 물병을 사용해 조리실 평가 진행

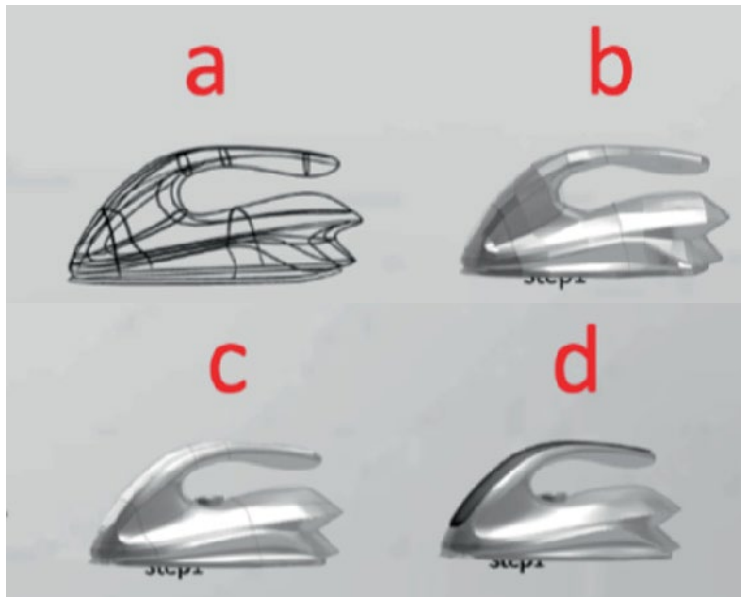




# 기존 가상 현실 기술 적용 연구의 한계점

- 실생활에서 사용하는 **가구나 가전제품의 사용성 평가 사례가 적음**
  - ✓ 사용자와 **상호작용하는 동작이 많아 인간공학적 설계 필수**
  - ✓ 트렌드의 빠른 변화에 따라 **제품 개발 주기가 짧고 빠름**
- ⇒ **실시간 렌더링을 통해 가상 현실에서 시제품을 구현하고, 해당 제품과 상호작용 하는 가상 현실 기반 사용성 평가 시스템 필요**

다리미 제품 설계 과정을  
가상 환경에서 시연 (Dhawale et al., 2016)



실제 환경에 가상 의자 모델 투영  
(Lu & Ishida, 2020)



현실 사무공간

A virtual object is displayed on the real environment without meshes

현실 사무공간

Hide meshes frame and hold geometry information

가상 의자 모델

## 인간공학적 제품 개발을 위한 가상 현실 기반 사용성 평가 시스템 개발

- 실제와 동일한 크기의 가상 제품을 실시간으로 조작하며 사용성 평가 진행
  - ✓ VR/MR 기기를 착용한 사용자가 가상 제품과 직접 상호작용하며 제품 구조 및 설계 원리를 효과적으로 이해
  - ✓ 사용성 평가 시, 관절 각도나 충돌량 등 정량적 지표를 도출하여 인간공학적 제품 개발 지원
  - ✓ 여러 사람의 동시 접속이 가능한 협업 환경을 개발하여 참여자 간 효율적이고 원활한 communication 촉진

# 활용 HW 및 SW

## Hardware

### VR device

**Meta Quest 2,**  
Meta, USA



- 대중적인 VR 기기
- 무선 사용 가능
- **Hand tracking** 제공

### Motion camera

**Osprey motion camera,**  
MotionAnalysis, US

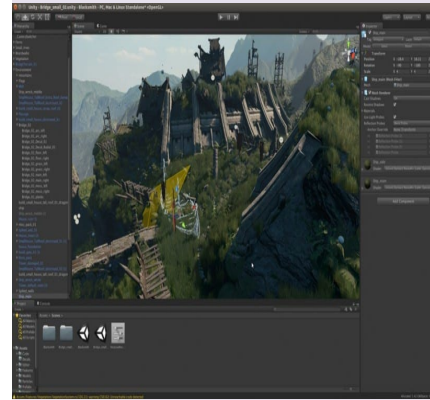


- 사용자 움직임을 도출하여 동작 분석
- **Unity**와 **motion camera**를 연결해 3D DHM의 움직임을 **사실적으로 구현**

## Software

### VR software

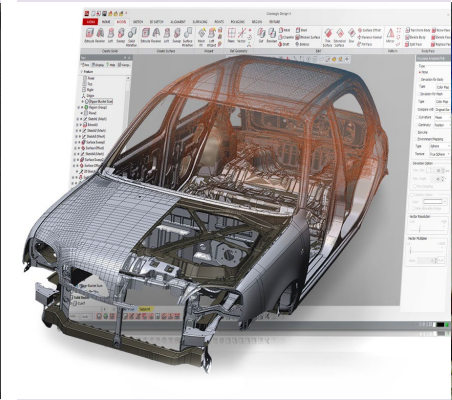
**Unity3D,**  
Unity Technologies, US



- 대중적인 **VR 개발 소프트웨어**
- 방대한 user community
- 대학(원)생은 교육용 license로 **Unity Pro** 버전을 무료로 사용 가능

### 3D software

**Geomagic Design X,**  
QQTON, US



- 정확한 고품질의 3D 모델 생성 가능
- 3D model data를 수정하는 기능이 다수 제공됨

# 개발 시스템 환경: 3D Digital Human Model (1/3)

- 가상 환경 속 **3D DHM**(digital human model) 구현
  - ✓ 사용자의 신체를 가상 환경에서 구현하여 실제감 부여
    - ▶ 예시) VR/MR 기기를 착용한 사용자가 아래를 내려다보면 3D DHM의 하체가 보임
  - ✓ VR/MR 기기의 **tracking** 기술로 사용자의 움직임을 3D DHM에 반영

사용자의 신체를 가상 환경에 구현한 예시



사용자의 움직임  
3D DHM에 반영



가상 환경 속  
3D DHM

VR/MR 기기를  
착용한 사용자



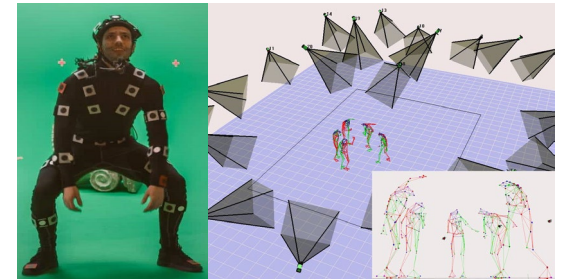
# 개발 시스템 환경: 3D Digital Human Model (2/3)

## □ Motion camera를 통한 사용자의 정확한 움직임 도출

✓ 사용자의 움직임을 정확히 반영한 3D DHM 구현

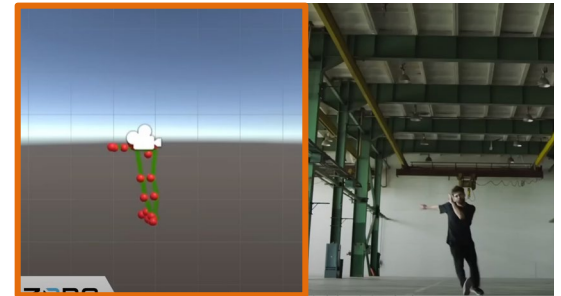
### S1. 사용자 좌표 도출

✓ Motion camera로 marker를 부착한 사용자의 3차원 좌표 도출



### S2. 실시간 좌표 전송

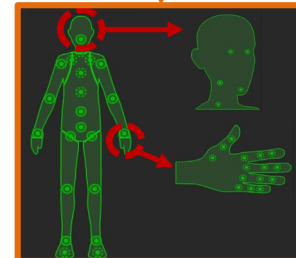
✓ 도출한 3차원 좌표를 Unity로 실시간 전송



실시간 좌표 전송

### S3. 3D DHM에 반영

✓ Unity로 구현한 3D DHM에 3차원 좌표 실시간 반영



# 개발 시스템 환경: 3D Digital Human Model (3/3)

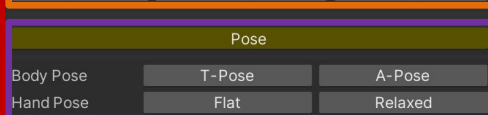
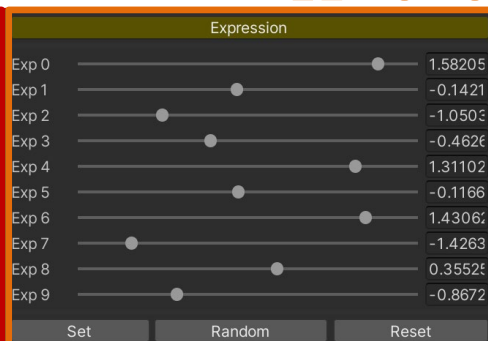
- 'SMPL-X for Unity' 모델을 사용하여 사용자의 **다양한 신체 형상 반영**
  - ✓ SMPL-X for Unity 모델은 3D DHM의 **형상, 표정, 자세**를 조절할 수 있음
  - ✓ **Motion camera**와 **결합**하여 사용자의 움직임과 함께 **신체 형상까지 정확하게 구현** 가능
  - ✓ 다양한 사용자의 신체 형상을 반영 → **다양한 신체 형상에 대한 사용성 평가** 가능

신체 형상, 얼굴 표정을 바꿀 수 있는  
SMPL-X Unity script



신체 형상 조정

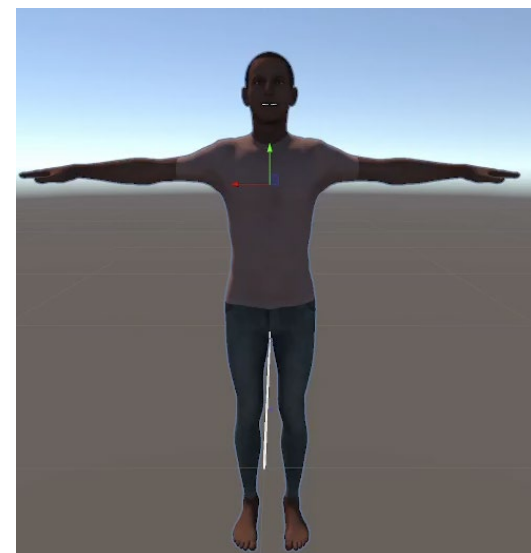
얼굴 표정 조정



신체 및 손 포즈 수정



다양한 신체 형상을 반영한  
3D DHM(SMPL-X)

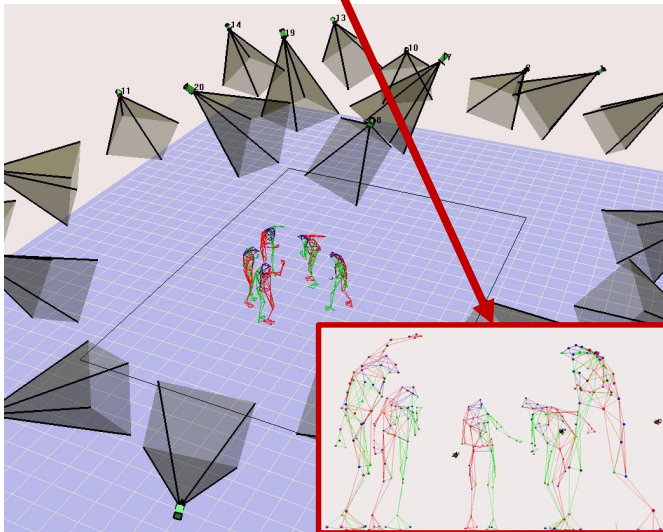


# 개발 시스템 환경: 협업 환경

## □ 여러 명이 동시에 참여하는 **협업 환경 구축**

- ✓ 여러 명이 동시에 참여해도 정확한 사용성 평가가 가능하여 **효율적 communication** 가능
- ✓ 여러 **시제품(prototype)**의 3D model을 가상 환경으로 가져와 **동시 접속한 사용자**와 함께 가상 환경에서 **제품에 대한 종합적 논의** 진행
  - Motion camera: 여러 명이 동시에 움직여도 **사람을 구별하여 인식** 가능
  - Unity, VR/MR device: **하나의 가상 환경에 여러 명이 동시 접속** 가능하게 설정

Motion camera는 여러 명이 동시에 움직여도 구별하여 인식



여러 명이 동시에 참여해 디자인 품평 및 설계 검증  
(출처 | 현대자동차)

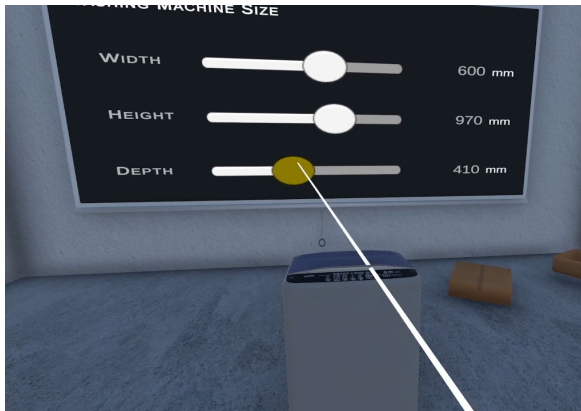


# 개발 시스템 주요 기능

P1

제품 규격 변경에 따른  
사용성 평가 환경 구축

사용자가 본인 체형에 맞게  
제품 규격을 변경해보면서  
각 사용자별 최적의 제품 규격 결정



P2

가상 제품 조립·분해

가상 제품을 조립·분해 하면서  
제품에 대한 이해를 도움



P3

정량적 움직임 지표 도출

관절 각도 등  
정량적 지표를 도출하여  
인간공학적 제품 설계에 반영

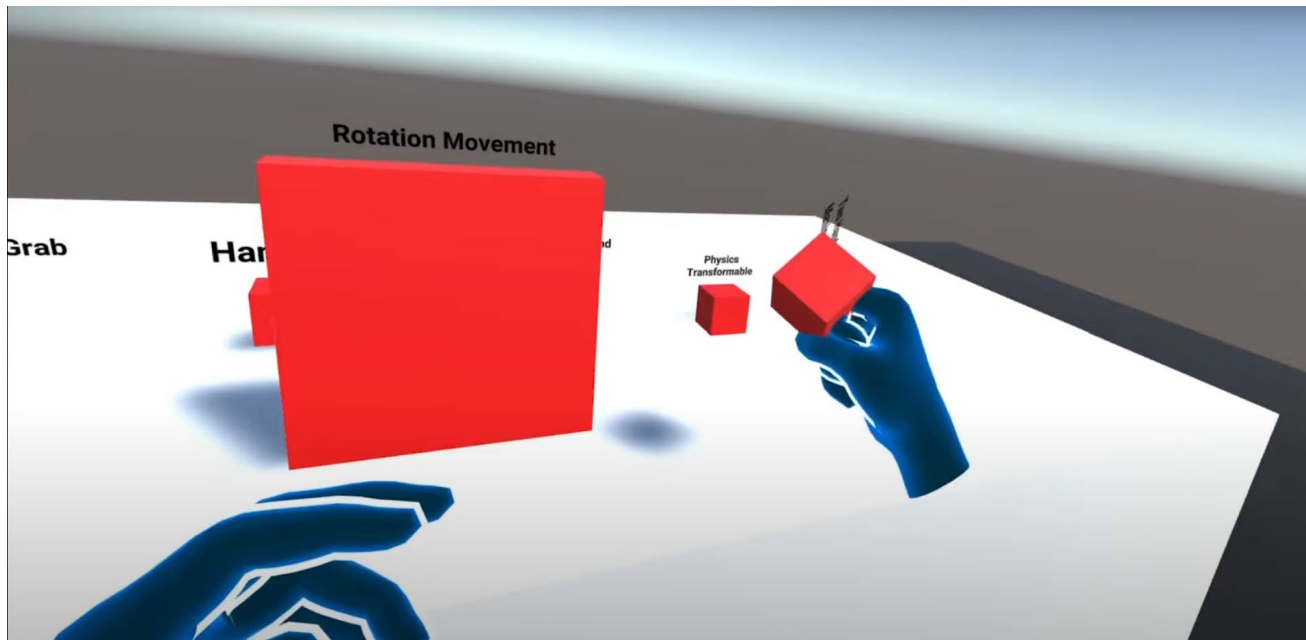
```
JointAngleCalculator.cs X
Assets > Core Plugins > JointAngleCalculator > JointAngleCalculator > Update
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class JointAngleCalculator : MonoBehaviour
6 {
7     private Animator animator; // Assign your Animator in Unity Editor
8
9     void Update()
10    {
11        // 1. Left Knee Angle
12        Transform Left_upperLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.LeftUpperLeg);
13        Transform Left_lowerLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.LeftLowerLeg);
14        Transform Left_Foot = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.LeftFoot);
15
16        // Ensure none of the transforms are null
17        if (Left_upperLeg == null && Left_lowerLeg == null && Left_Foot == null)
18        {
19            // Calculate and log the angle at the knee
20            Debug.Log("Left Knee Angle: " + Vector3.Angle(Left_upperLeg.position - Left_lowerLeg.position, Left_Foot.position));
21        }
22
23        // 2. Right Knee Angle
24        Transform Right_upperLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.RightUpperLeg);
25        Transform Right_lowerLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.RightLowerLeg);
26        Transform Right_Foot = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.RightFoot);
```



# P1. 제품 규격 변경에 따른 사용성 평가 환경 구축 (1/4)

- **사용성 평가:** VR/MR 기기를 착용한 사용자가 실제와 동일한 크기의 가상 제품을 조작하고, 크기 변경 등의 상호작용을 진행
- **맞춤형 제품 제작:** 각 사용자는 본인 신체에 맞게 가상 제품을 조작하므로 조작 결과를 추가 분석을 통해 제품 설계에 활용
  - ✓ 예시: 조작한 제품의 규격과 사용자 신체 치수 간 연관분석

가상 환경에서 물체와 상호작용하는 예시



# P1. 제품 규격 변경에 따른 사용성 평가 환경 구축 (2/4)

□ 사용성 평가 대상: **세탁기**(top-loader)

✓ 실생활에서 자주 쓰이는 가전제품이며, **사용자와 상호작용** 동작이 **많은 제품**

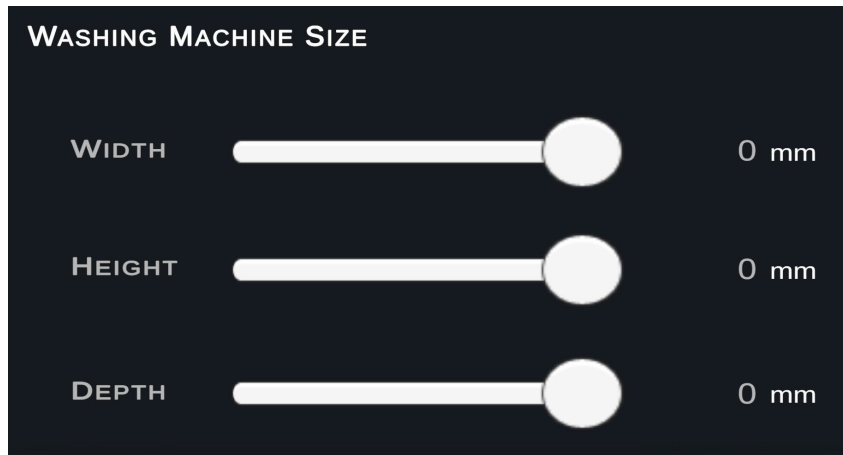
가상 환경에서 물체와 상호작용하는 예시



# P1. 제품 규격 변경에 따른 사용성 평가 환경 구축 (3/4)

- VR/MR device를 착용한 사용자가 가상환경 속 **slider UI**를 **직접 조작**
- Slider로 **변경한 수치**를 **실시간**으로 세탁기 **형상에 반영**
  - ✓ 수치 변수: 세탁기의 너비(width), 높이(height), 깊이(depth)

Unity로 구현한  
세탁기 크기 변경 Slider UI



세탁기 형상 변경

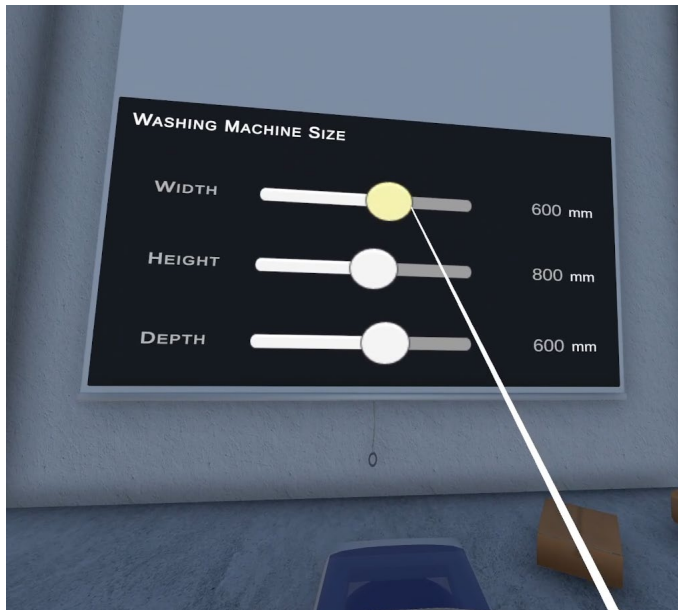


# P1. 제품 규격 변경에 따른 사용성 평가 환경 구축 (4/4)

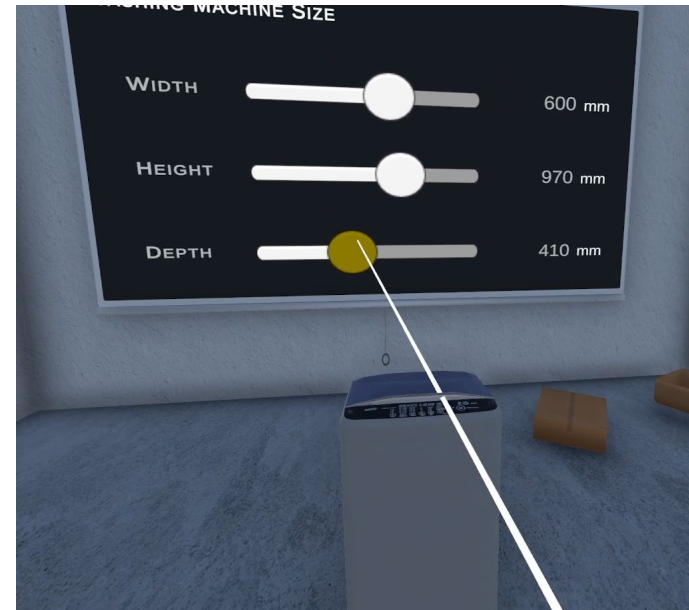
## □ 시각적 피드백 부여

- ✓ Ray 추가: UI 쪽으로 손을 뺐으면 가상의 선 표현
- ✓ Slider button 색 변화 추가
  - Ray가 button에 도달: 노란색
  - 사용자가 button을 제대로 잡은(grip) 경우: 진한 노란색

Ray가 slider button에 정확히 닿은 경우:  
노란색



사용자가 해당 button을 제대로 잡은 경우:  
진한 노란색





## P2. 가상 제품 조립 및 분해

- **한 눈에 보이는 구조:** 실제와 동일한 크기 · 부품을 가진 가상 제품을 분해하고 펼쳐서 제품 구조를 한 눈에 보이게 함
- **조립 순서대로 복구:** 분해한 가상 제품을 다시 재조립할 때, 실제 제품의 조립 순서와 동일한 순서로 복구하여 조립 공정에 대한 이해를 도움

제품 구조 분해의 예시 화면(출처 | 현대자동차)



# P3. 정량적 움직임 지표 도출

## 사용자 동작 추출

사용자가 가상 물체와 상호작용할 때,  
motion camera로 사용자 움직임 데이터(3차원 좌표) 도출

Frame별 각 marker의 3차원 좌표

Index	Front head			Left		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	181.3976	1108.056	-98.0867	93.8895	1053.56	-3.47075
2	181.3741	1108.1	-98.1038	93.8895	1053.56	-3.47075
3	181.3602	1108.126	-98.1139	93.8895	1053.56	-3.47075
4	181.3585	1108.13	-98.1152	93.8895	1053.56	-3.47075
5	181.3619	1108.125	-98.1127	93.8895	1053.56	-3.47075
6	181.3647	1108.123	-98.1109	93.8895	1053.56	-3.47075
7	181.3693	1108.119	-98.1078	93.8895	1053.56	-3.47075
8	181.3772	1108.107	-98.1022	93.8895	1053.56	-3.47075
9	181.3783	1108.098	-98.101	93.8895	1053.56	-3.47075
10	181.3578	1108.111	-98.1147	93.8895	1053.56	-3.47075
11	181.3104	1108.146	-98.1464	93.8895	1053.56	-3.47075
12	181.2513	1108.182	-98.1857	93.8895	1053.56	-3.47075
13	181.2096	1108.194	-98.2127	93.8895	1053.56	-3.47075
14	181.2035	1108.181	-98.216	93.8895	1053.56	-3.47075
15	181.2294	1108.16	-98.1985	93.8895	1053.56	-3.47075
16	181.2727	1108.138	-98.1699	93.8895	1053.56	-3.47075
17	181.3121	1108.114	-98.1438	93.8895	1053.56	-3.47075
18	181.3257	1108.098	-98.1343	93.8895	1053.56	-3.47075
19	181.3123	1108.098	-98.1428	93.8895	1053.56	-3.47075

## 정량적 지표 도출

Unity의 C# coding을 통해 motion camera로 도출한 움직임 데이터 분석

### 관절 각도 계산

상호작용하는 사용자의  
관절 각도 계산

### 제품과 충돌하는 범위 & 부피 계산

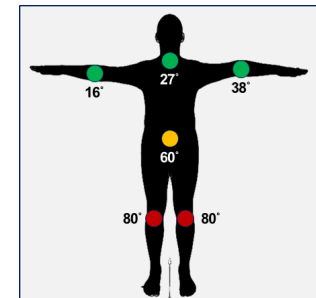
상호작용하는 사용자가  
제품과 부딪히는 범위와 부피 계산

```

[14:50:54] Left Elbow Angle: 153.8096
UnityEngine.Debug.Log (object)
[14:50:54] Right Elbow Angle: 169.487
UnityEngine.Debug.Log (object)
// 1. Left Knee Angle
Transform left_upperleg = animator.GetComponent<Humanoid>.LeftUpperLeg;
Transform left_lowerleg = animator.GetComponent<Humanoid>.LeftLowerLeg;
Transform left_foot = animator.GetComponent<Humanoid>.LeftFoot;
// Ensure none of the Transforms are null
if (left_upperleg != null && left_lowerleg != null && left_foot != null)
{
    // Calculate and log the left knee angle
    Debug.Log("Left Knee Angle: " + Vector3.Angle(left_upperleg.position - left_lowerleg.position, left_foot.position));
}
// 2. Right Knee Angle
Transform right_upperleg = animator.GetComponent<Humanoid>.RightUpperLeg;
Transform right_lowerleg = animator.GetComponent<Humanoid>.RightLowerLeg;
Transform right_foot = animator.GetComponent<Humanoid>.RightFoot;
    
```

## 정량적 분석 결과 시각화

- 계산한 데이터를 Unity UI를 통해 VR/MR 디스플레이에 표현
- 정량적 분석 결과를 안전/경고/위험의 알림과 함께 표현하여 사용자가 결과를 한 눈에 파악



# P3. 정량적 움직임 지표 도출 : 관절 각도 측정 (1/4)

## □ 관절 각도 측정 알고리즘

① Motion camera – Unity – 3D human model 연결

- ✓ Motion camera에서 실제 사용자의 3차원 좌표를 가져와 3D human model(SMPLx)에 적용

② 3D human model landmark 좌표 도출

- ✓ 이미 정의된 Unity의 humanoid mapping landmark의 좌표를 C# 코딩을 통해 도출

③ Landmark vector를 통해 신체 부위 각도 도출

- ✓ 두개의 landmark를 잇는 vector 도출
- ✓ 두개의 vector 사이 각도를 구해 신체 부위 도출

④ 결과 시각화(UI, HUD)

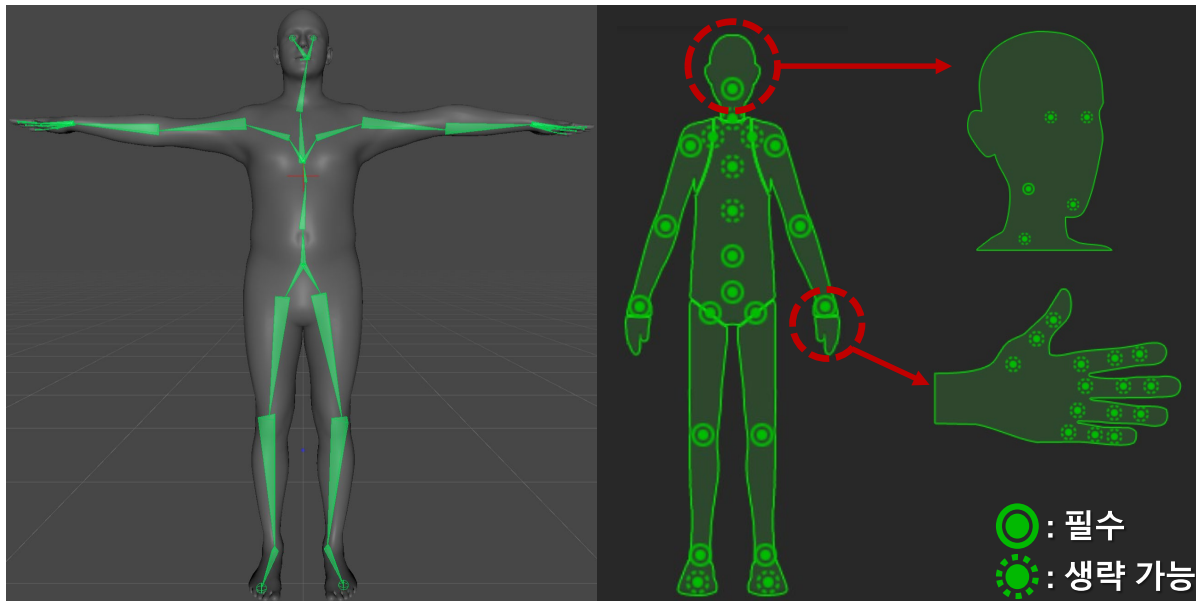
- ✓ 각 신체부위 별 각도를 VR 화면 상에 표현
- ✓ 특정 각도 이상 굽힘 발견 시, 시각적으로 경고

# P3. 정량적 움직임 지표 도출 : 관절 각도 측정 (2/4)

## □ Unity의 humanoid bone mapping

- ✓ Unity에서는 3D DHM의 움직임을 위한 필수 landmark 정의되어 있음
  - 필수 landmark에 맞춰 motion camera의 marker 연결 및 사용자에게 부착
  - 각 landmark의 정확한 위치는 'Helenhayes markerset'에 따라 설정
- ✓ 정의된 landmark에 따라 사용자에게 marker를 부착한 후, motion camera로 좌표 도출

Unity의 humanoid bone mapping



Unity humanoid landmark

Hips	LeftShoulder
LeftUpperLeg	RightShoulder
RightUpperLeg	LeftUpperArm
LeftLowerLeg	RightUpperArm
RightLowerLeg	LeftLowerArm
LeftFoot	RightLowerArm
RightFoot	LeftHand
Spine	RightHand
Chest	LeftToes
UpperChest	RightToes
Neck	LeftEye
Head	RightEye
Jaw	



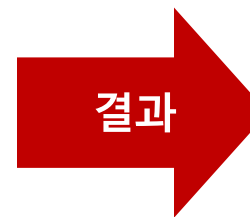
# P3. 정량적 움직임 지표 도출 : 관절 각도 측정 (3/4)

## □ 신체 부위 관절 각도 도출

- ✓ C# coding으로 해당 신체 부위의 3차원 좌표(위치, position)를 가져옴
- ✓ 두 점을 잇는 vector 도출하고, 두 vectors 사이 각도를 구해 신체 부위 관절 각도 도출
  - 각도 도출 시 기준선, 기준면 등에 대한 문헌 조사 실시 예정
- ✓ 각 프레임마다 관절 각도 계산 결과 표시

### 관절각도 계산 C# coding

```
JointAngleCalculator.cs
Assets > Cortex Plugins > JointAngleCalculator.cs > JointAngleCalculator > Update
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 참조 0개
6 public class JointAngleCalculator : MonoBehaviour
7 {
8     참조 15개
9     public Animator animator; // Assign your Animator in Unity Editor
10
11     참조 0개
12     void Update()
13     {
14         // 1. Left Knee Angle
15         Transform Left_upperLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.LeftUpperLeg);
16         Transform Left_lowerLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.LeftLowerLeg);
17         Transform Left_foot = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.LeftFoot);
18
19         // Ensure none of the transforms are null
20         if (Left_upperLeg != null && Left_lowerLeg != null && Left_foot != null)
21         {
22             // Calculate and log the angle at the knee
23             Debug.Log("Left Knee Angle: " + Vector3.Angle(Left_upperLeg.position - Left_lowerLeg.position, Left_foot.position - Left_lowerLeg.position));
24         }
25
26         // 2. Right Knee Angle
27         Transform Right_upperLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.RightUpperLeg);
28         Transform Right_lowerLeg = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.RightLowerLeg);
29         Transform Right_foot = animator.GetBoneTransform(HumanBodyBones.RightFoot);
```



### 결과 log

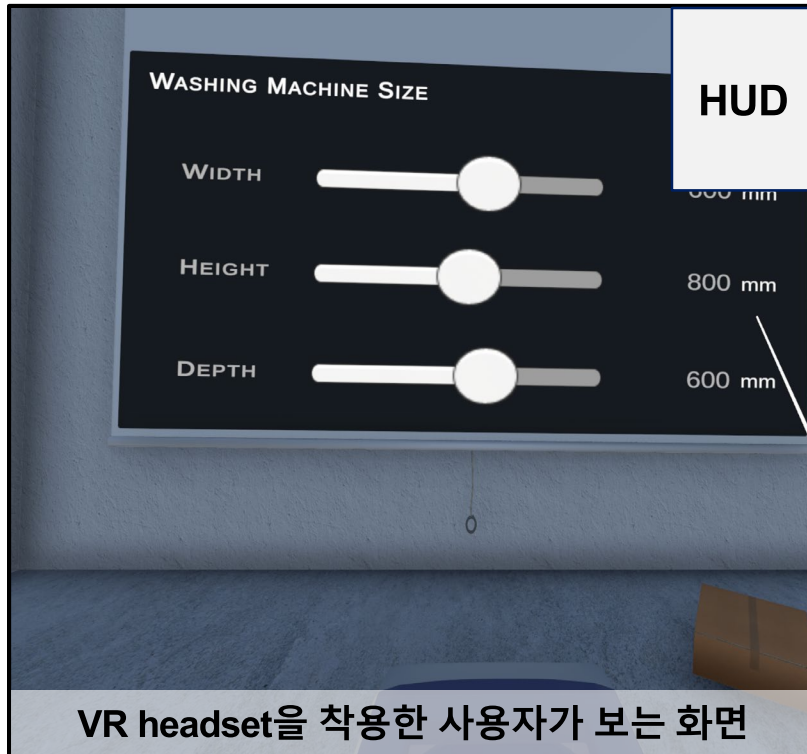
```
[14:50:54] Left Knee Angle: 162.7832
UnityEngine.Debug:Log (object)
[14:50:54] Right Knee Angle: 162.7832
UnityEngine.Debug:Log (object)
[14:50:54] Left Elbow Angle: 153.8096
UnityEngine.Debug:Log (object)
[14:50:54] Right Elbow Angle: 169.187
UnityEngine.Debug:Log (object)
[14:50:54] Neck Angle: 168.9556
UnityEngine.Debug:Log (object)
```

각 부위별 각도가  
매 프레임마다 계산됨

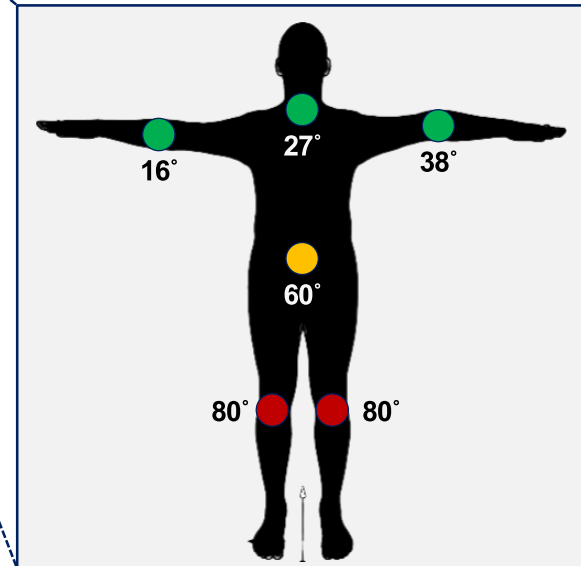
# P3. 정량적 움직임 지표 도출 : 관절 각도 측정 (4/4)

## □ 결과 시각화: Unity UI 및 HUD

- ✓ VR 화면의 상단 우측에 설치
- ✓ 사람 모형의 이미지와 함께 각 관절에 해당 부위 각도를 배치하여 시각화
- ✓ 관절 각도에 대한 실시간 해석(경고) 추가: 양호(●), 주의(●), 경고(●)



관절 각도 결과 시각화



# 개발 시스템의 장점 및 기대효과

- 기존 제품설계 방식에 비해 개발 **비용**을 **절감**하고, **신속**하고 **효율적**인 **제품 개발 실현** (Zhong et al., 2022)
  - ✓ **실제 제품과 동일한** 규격을 가진 **가상 제품**을 가상 환경에서 **직접 상호작용**하며 사용성 평가를 진행할 수 있어 시제품(prototype) 생산에 **소요되는 시간**이나 **비용**을 **크게 줄임**
- **가상현실** 기술과 **정량적 데이터** 도출로 **제품설계의 효율성 및 유효성 촉진**
  - ✓ Unity의 **실시간 3D 렌더링** 기술을 통해 사용자가 **실시간 상호작용** 및 **피드백**을 기반으로 제품설계를 평가하고 개선하여 **개발 프로세스의 효율**이 향상됨
  - ✓ 사용자 신체에 대한 **정량적 분석 데이터**를 도출하여 **인간공학적 제품 개발 및 개선**에 반영
- **협업형 가상 환경**을 제공해 **사용자 간 communication** 촉진
  - ✓ 협업 환경을 제공하여 제품 설계자가 **제품설계의 제반 사항**을 신속히 이해하고 논의하는 데 **도움**(Lawson et al., 2016)

# 개발 시스템의 한계점

- 기술의 한계로 인한 **물리적 지원의 어려움** (Reinhard et al., 2020)
  - ✓ VR/MR device을 착용한 작업자의 **avatar**가 가상 물체에 접촉할 경우, 작업자에게 그에 따른 **physical feedback**이 제공되지 **않음**
- 물리적 시제품의 사용성 평가와 비교한 **추가적 검증 단계 필요**
  - ✓ 신뢰성을 유지하고 동일한 경험을 제공하기 위한 **기술적 발전 필요**

VR device를 착용하고 작업 중인 작업자  
(Reinhard et al., 2020)



가상 환경 속  
**avatar**는 가상  
물체에 기대 있는  
시각적 인식  
제공받음

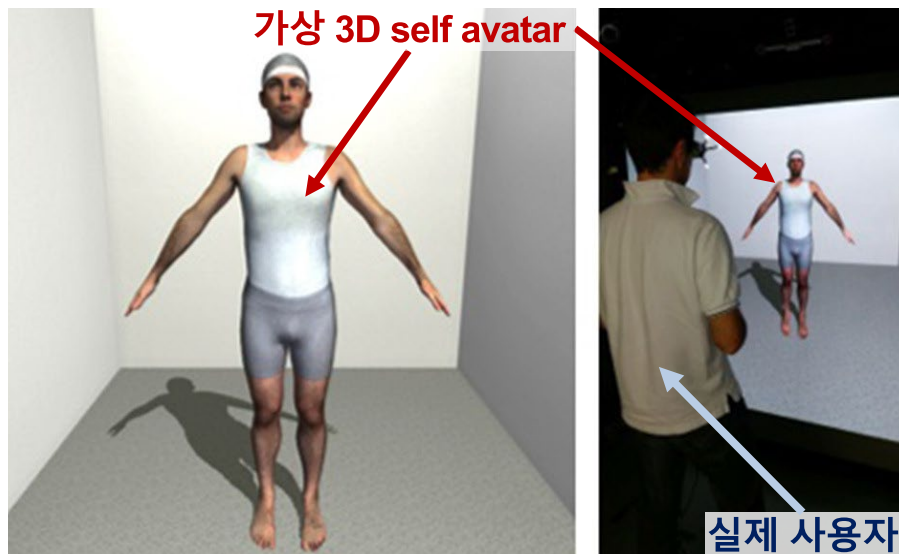
물리적 요소가 없어  
현실 작업자는  
기대고 있는 느낌을  
받을 수 없음



# 추후 연구 방향

- 사용자의 **신체**를 **scan**하여 **정확하고 사실적인 가상 3D self avatar 생성**
  - ✓ 전신 스캐너로 사용자의 **신체 형상과 색상 정보**를 **capture**하고 **통계적 모델을 기반으로 사실적인 3D 가상 self avatar 생성** (Thaler et al., 2018, Döllinger et al., 2022)
  - ✓ 생성한 3D 가상 self avatar를 개발한 **사용성 평가 시스템과 연동**하여 보다 더 **사실적이고 정확한 사용성 평가 가능**

사용자의 전신 scan을 통한 가상 3D self avatar  
(Thaler et al., 2018)



실제 사용자의 신체(좌)를 가상 환경에  
복제(우)한 모습 (Döllinger et al., 2022)



# 경청해 주셔서 감사합니다!



본 연구는 한국연구재단의 중견연구자 지원사업(NRF-2022R1A2C1013198), 국가표준기술개발 및 보급의 국가표준기술력 향상사업(20011781), 그리고 한국산업기술진흥원의 2023년 산업혁신인재성장 지원사업(P0008691)을 받아 수행된 연구임.