



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0054522
(43) 공개일자 2023년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G16H 20/30 (2018.01) A61M 21/00 (2006.01)
G06T 19/00 (2011.01) G10L 15/26 (2006.01)
G16H 30/40 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류

G16H 20/30 (2021.08)
A61M 21/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0137209

(22) 출원일자 2021년10월15일
심사청구일자 2021년10월15일

(71) 출원인

건양대학교산학협력단
충청남도 논산시 대학로 121 (내동)

(72) 발명자

태기식
대전광역시 서구 도안동로 183 대전도안아이파크
1504동 2503호

송근산

충청남도 계룡시 엄사면 연화동길 25-10

이현주

대전광역시 서구 도안동로 183 대전도안아이파크
1504동 2503호

(74) 대리인

특허법인도담

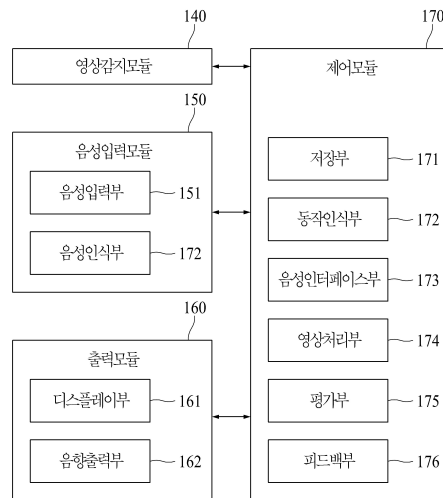
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 손동작 인식 향상 기술이 적용된 증강현실 재활 훈련시스템

(57) 요약

본 발명은 립모션 컨트롤러를 이용한 적외선 이미지 기반 손동작 인식 기술과 음성인식 기술을 활용하여 증강현실 재활 훈련에서 환자의 흥미를 유발하되 손동작 인식 정확도와 훈련 효율을 크게 향상시킨 손동작 인식 향상 기술이 적용된 증강현실 재활 훈련시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06T 19/006 (2013.01)

G10L 15/26 (2013.01)

G16H 30/40 (2018.01)

G16H 50/20 (2018.01)

A61H 2201/5048 (2013.01)

A61H 2201/5058 (2013.01)

A61H 2230/625 (2013.01)

A61M 2021/0027 (2013.01)

A61M 2021/005 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1465024489

과제번호 HI17C2412000017

부처명 보건복지부

과제관리(전문)기관명 한국보건산업진흥원

연구사업명 임상연구인프라조성

연구과제명 뉴실버세대 웰빙 안 · 이비인후 · 두경부 매트릭스 매칭형 의료기기 중개임상시험지원
센터 구축

기 여 율 1/1

과제수행기관명 건양대학교병원

연구기간 2017.12.20 ~ 2018.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

내측에 고정부(111)가 형성된 하부프레임(110)과, 상기 하부프레임(110) 상측에 위치하며 거치대(121)가 형성된 상부프레임(120)과, 상기 하부프레임(110) 및 상부프레임(120) 사이에 손동작을 위한 동작영역(131)이 형성되도록 상호 연결하는 수직프레임(130)으로 구성되는 몸체부(100);

상기 고정부(111)에 설치되며 상기 동작영역에서의 손동작을 촬영하는 영상감지모듈(140);

상기 거치대(121)에 결합되며 영상을 출력하는 디스플레이부(161)와, 음원을 출력하는 음향출력부(162)를 구비하는 출력모듈(160);

재활훈련을 위한 안내음성과 재활훈련 콘텐츠와 상기 콘텐츠에 대응하는 콘텐츠영상 및 유저인터페이스와 콘텐츠음원이 저장된 저장부(171)와, 상기 영상감지모듈(140)에서 촬영된 손동작을 인식하는 동작인식부(172)와, 인식된 손동작을 콘텐츠영상에 적용하여 출력시키는 영상처리부(174)와, 인식된 손동작을 상기 콘텐츠의 내용에 대응하여 평가하는 평가부(175)와, 평가결과를 영상 또는 음성을 통해 출력되도록 하는 피드백부(176)를 구비하는 제어모듈(170); 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 동작인식부(172)는,

립 모션 컨트롤러를 통해 손의 움직임을 추적하여 3차원의 가상환경에 손 모델의 3차원 위치 값, 회전 값을 반영하고, 각 손가락 체절에 관한 상대각도 값을 구하는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

사용자로부터 음성을 입력받는 음성입력부(151)와, 입력된 음성을 분석하여 텍스트정보로 변환하는 음성인식부(152)를 구비하는 음성입력모듈(150); 을 더 포함하고,

상기 제어모듈(170)은,

상기 텍스트정보를 통해 콘텐츠의 선택 및 진행이 이루어지도록 하는 음성인터페이스부(173)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 재활훈련콘텐츠는,

음원을 재생과 함께 점수 및 자막과 상호작용 목표 오브젝트를 출력하고, 사용자가 상기 상호작용 목표 오브젝트에 맞춰 손뼉을 치면 손의 위치와 손뼉 동작을 인식하여 효과음과 함께 점수를 부여하는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 재활훈련콘텐츠는,

복수의 동물 캐릭터가 오브젝트로 주어지고 안내음성과 함께 선택된 오브젝트에 변화를 주며, 사용자가 설정된 손동작을 통해 음성인식을 활성화 시킨 후 입력한 음성인식결과와 정답이 일치할 경우 효과음과 함께 점수가 주어지는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 재활훈련콘텐츠는,

쓰레기 분리수거 항목으로 복수의 포지션이 이름표와 함께 제시되고, 가상의 책상에 무작위로 분리수거 대상인 오브젝트를 생성 후, 안내 음성에 맞춰 오브젝트를 잡아 지정 포지션을 옮기는 손동작에 대응하는 손 모델을 함께 출력하며, 주어진 이름표와 쓰레기 오브젝트의 속성이 일치할 경우 정답으로 간주하여 효과음과 함께 점수가 주어지는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 재활훈련콘텐츠는,

설정된 다수의 물건 및 상자를 제시하고, 주어지는 대상과 연관된 물건을 찾아 상자에 넣으라는 지시 음성 메시지가 출력하고, 선택된 물건을 집어 상자에 알맞게 집어넣는 동작이 이루어질 경우 음성피드백과 함께 점수를 부여하고 잘못된 동작이 이루어질 경우 음성피드백과 함께 다음 문제로 넘어가게 되는 과정을 반복하는 것을 특징으로 하는 증강현실 재활 훈련시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 재활 훈련시스템에 관한 것으로, 자세하게는 립모션 컨트롤러를 이용한 적외선 이미지 기반 손동작 인식 기술과 음성인식 기술을 활용하여 증강현실 재활 훈련에서 환자의 흥미를 유발하되 손동작 인식 정확도와 훈련 효율을 크게 향상시킨 손동작 인식 향상 기술이 적용된 증강현실 재활 훈련시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인지재활 분야에서의 다양한 연구에서 뇌는 반복적이고 집중적이며 작업 지향적 훈련을 통해 회복 가능하다는 것이 밝혀졌으나, 뇌 손상 환자는 전통적으로 재활에 필요한 운동이 환자에게 특정행동을 반복적으로 유도하여 지루하게 느끼는 것이 일반적이다.

[0003] 이에 환자에게 동기를 부여하는 것은 재활 성공의 중요한 요소로 작용하여 재활 결과에 영향을 끼치는 경우가 많으므로, 치료사는 환자가 재활 프로그램에 적극적으로 참여하도록 장려하는 방법을 찾는 것이 중요하다.

[0004] 하지만, 이러한 치료방법들이 시장에서 겪는 가장 큰 어려움은 재활치료 전문가의 지도를 필연적으로 필요로 하거나 높은 치료비용을 요구한다는 점이다.

[0005] 최근 4차 산업혁명 유망기술에 대한 관심 및 연구가 활발함에 따라 메타버스(Metaverse) 기술이 각광받으며 일상생활뿐만 아닌 미디어, 문화, 의료, 산업에 대해 꾸준한 적용이 연구되며 그 효과를 입증해나가고 있다. 메타버스 기반의 디지털 전산 콘텐츠를 이용한 인지재활의 중재는 앞서 언급한 비용이나 전문가의 부재로 겪는 어려움에 대한 해결책을 제공할 것으로 기대된다.

[0006] 특히 재활의학에서 메타버스의 요소를 재활훈련 목적의 전산 콘텐츠에 포함시키려는 노력은 환자로 하여금 흥미를 잃지 않도록 돕거나 훈련효과를 상승시킬 수 있다고 보고된 바 있으며 앞으로는 이러한 훈련효과의 극대화를

위해 인공지능을 활용한 입력메커니즘(input mechanism)의 강화 및 시스템 연구 개발 성과가 주목되고 있다.

[0007] 근래 가상현실은 출력 메커니즘(output mechanism)이나 입력 메커니즘에서의 하드웨어에 속하는 외부 보조 장치를 포함하지 않고도 내부 콘텐츠를 가상현실에 맞게 디자인하고 개발, 구축함으로써 그 기능성을 극대화하고자 하고 있다. 이러한 노력은 외부 보조 장치에만 의존한 메타버스의 구현에서 벗어나 적합한 전용 콘텐츠의 내용과 개발 표준을 강화시키고 입력 메커니즘의 소프트웨어적 처리와 같은 제반 연구의 필요성이 증가되는 실정을 대변하고 있다.

[0008] 그러나 현재 개발되고 있는 메타버스 기반 재활 콘텐츠의 입력 메커니즘은 터치스크린(a), 조이스틱(b) 등의 기성 컨트롤러를 사용하거나 그 사용법이 실제 일상생활 동작과는 거리가 멀고 직관적이지 못한 실정으로, 이를 해결하기 위해 입력 메커니즘의 개선을 통해 콘텐츠 참여를 위한 동기부여가 필요하다.

[0009] 또한, 각각의 재활목적의 전산 콘텐츠를 수행하려고 할 때마다 각 제품만의 컨트롤러 사용법을 학습해야 한다는 것은 환자와 치료사 양쪽 모두에게 부담으로 작용할 수밖에 없고 인지재활을 주로 이용하는 고령자 환자의 경우 이러한 터치스크린과 조이스틱 등의 입력 메커니즘의 동작방식 자체가 익숙하지 않아 금방 흥미를 잃게 될 수 있다.

[0010] 콘텐츠의 중재방법을 임상에서 적용하는데 필요한 자격요건은 접근성, 간편성이고 대상자들에게 흥미 있는 콘텐츠로 재활에 적극 참여할 수 있도록 개선하는 과정은 환자가 콘텐츠를 통한 재활치료를 함에 있어 동기부여에 큰 도움을 줄 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1519808호(2015.05.06)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상기와 같은 배경 및 필요에 의하여 창출된 것으로, 본 발명의 목적은 립모션 컨트롤러를 이용한 적외선 이미지 기반 손동작 인식 기술과 음성인식 기술을 활용하여 증강현실 재활 훈련에서 환자의 흥미를 유발하되 손동작 인식 정확도와 훈련 효율을 크게 향상시킨 손동작 인식 향상 기술이 적용된 증강현실 재활 훈련시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 목적을 위해 본 발명은 내측에 고정부가 형성된 하부프레임과, 상기 하부프레임 상측에 위치하며 거치대가 형성된 상부프레임과, 상기 하부프레임 및 상부프레임 사이에 손동작을 위한 동작영역이 형성되도록 상호 연결하는 수직프레임으로 구성되는 몸체부; 상기 고정부에 설치되며 상기 동작영역에서의 손동작을 촬영하는 영상감지모듈; 상기 거치대에 결합되며 영상을 출력하는 디스플레이부와, 음원을 출력하는 음향출력부를 구비하는 출력모듈; 재활훈련을 위한 안내음성과 재활훈련 콘텐츠와 상기 콘텐츠에 대응하는 콘텐츠영상 및 유저 인터페이스와 콘텐츠음원이 저장된 저장부와, 상기 영상감지모듈에서 촬영된 손동작을 인식하는 동작인식부와, 인식된 손동작을 콘텐츠영상에 적용하여 출력시키는 영상처리부와, 인식된 손동작을 상기 콘텐츠의 내용에 대응하여 평가하는 평가부와, 평가결과를 영상 또는 음성을 통해 출력되도록 하는 피드백부를 구비하는 제어모듈;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0014] 이때 상기 동작인식부는, 립 모션 컨트롤러를 통해 손의 움직임을 추적하여 3차원의 가상환경에 손 모델의 3차원 위치 값, 회전 값을 반영하고, 각 손가락 체절에 관한 상대각도 값을 구하는 것이 바람직하다.

[0015] 또한, 사용자로부터 음성을 입력받는 음성입력부와, 입력된 음성을 분석하여 텍스트정보로 변환하는 음성인식부를 구비하는 음성입력모듈;을 더 포함하고, 상기 제어모듈은, 상기 텍스트정보를 통해 콘텐츠의 선택 및 진행이 이루어지도록 하는 음성인터페이스부를 더 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 재활훈련콘텐츠는, 음원을 재생과 함께 점수 및 자막과 상호작용 목표 오브젝트를 출력하고, 사용자

가 상기 상호작용 목표 오브젝트에 맞춰 손뼉을 치면 손의 위치와 손뼉 동작을 인식하여 효과음과 함께 점수를 부여하도록 구성될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 재활훈련콘텐츠는, 복수의 동물 캐릭터가 오브젝트로 주어지고 안내음성과 함께 선택된 오브젝트에 변화를 주며, 사용자가 설정된 손동작을 통해 음성인식을 활성화 시킨 후 입력한 음성인식결과와 정답이 일치할 경우 효과음과 함께 점수가 주어지도록 구성될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 재활훈련콘텐츠는, 쓰레기 분리수거 항목으로 복수의 포지션이 이름표와 함께 제시되고, 가상의 책상에 무작위로 분리수거 대상인 오브젝트를 생성 후, 안내 음성에 맞춰 오브젝트를 잡아 지정 포지션을 옮기는 손동작에 대응하는 손 모델을 함께 출력하며, 주어진 이름표와 쓰레기 오브젝트의 속성이 일치할 경우 정답으로 간주하여 효과음과 함께 점수가 주어지도록 구성될 수 있다.

[0019] 또한, 상기 재활훈련콘텐츠는, 설정된 다수의 물건 및 상자를 제시하고, 주어지는 대상과 연관된 물건을 찾아 상자에 넣으라는 지시 음성 메시지가 출력하고, 선택된 물건을 집어 상자에 알맞게 집어넣는 동작이 이루어질 경우 음성피드백과 함께 점수를 부여하고 잘못된 동작이 이루어질 경우 음성피드백과 함께 다음 문제로 넘어가게 되는 과정을 반복하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명은 소프트웨어적인 방법으로 환자의 흥미도를 유지하면서 사용법이나 사용 중에 느끼는 괴리감을 해결할 수 있으며 손동작 인식도 정확하게 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 구성 및 연결관계를 나타낸 블록도,
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 외형을 나타낸 사시도,
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 손뼉 동작 및 잡는 동작의 검출 플로어차트,
 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 손동작 인식을 위한 계층구조,
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 진행 시나리오,
 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 설계 및 목표,
 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 시스템 설계 레이아웃,
 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 시스템 내수 스크린샷,
 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 진행 시나리오,
 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 설계 및 목표,
 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 시스템 설계 레이아웃,
 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 시스템 내수 스크린샷,
 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 진행 시나리오,
 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 설계 및 목표,
 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 시스템 설계 레이아웃,
 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 시스템 내수 스크린샷,
 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 진행 시나리오,
 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 설계 및 목표,
 도 19는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 시스템 설계 레이아웃,
 도 20은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 시스템 내수 스크린샷,
 도 21은 본 발명의 실험예에 따른 측정대상 손동작 사전 정의,

도 22는 본 발명의 실험예에 따른 오브젝트 각도에 따른 체절 각도 획득 방법 비교,
 도 23은 본 발명의 실험을 위한 CNN 모델 블록 개요,
 도 24는 본 발명의 실험예에 따른 모델 레이어 정의 및 구조,
 도 25는 Local transform euler를 이용한 손동작별 손동작 인식 정확도를 나타낸 측정표,
 도 26은 Quaternion to euler를 이용한 손동작별 인식 정확도를 나타낸 측정표,
 도 27은 Local transform euler을 이용한 각도별 인식 정확도를 나타낸 측정표,
 도 28은 Quaternion to euler 를 이용한 각도별 정확도를 나타낸 측정표,
 도 29는 본 발명의 실험예에 따른 모델 재인식 반응속도 실험결과,
 도 30은 본 발명의 따른 손동작 인식 정확도 실험에 따른 confusion matrix 이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명 손동작 인식 향상 기술이 적용된 증강현실 재활 훈련시스템의 구성을 구체적으로 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 구성 및 연결관계를 나타낸 블록도, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 외형을 나타낸 사시도로서, 본 발명은 주요구성으로 시스템의 틀을 이루는 몸체부(100)를 비롯하여 증강현실 재활훈련을 위한 구성으로 영상감지모듈(140)과, 음성입력모듈(150)과, 출력모듈(160)과, 제어모듈(170)로 이루어진다.
- [0024] 먼저, 상기 몸체부(100)는 내측에 고정부가 형성된 하부프레임(110)과, 상기 하부프레임(110) 상측에 위치하며 거치대가 형성된 상부프레임(120)과, 상기 하부프레임(110) 및 상부프레임(120) 사이에 손동작을 위한 동작영역(131)이 형성되도록 상호 연결하는 수직프레임(130)으로 구성된다.
- [0025] 상기 하부프레임(110)은 상측이 개방된 상자형태로서 내측 중앙에는 후술되는 영상감지모듈(140)의 설치를 위한 고정부(111)가 형성되며, 양측으로 수직프레임(130)이 결합되며 상측으로 동작영역(131)에 해당하는 작업 스테이션을 구축함과 더불어, 상기 수직프레임(130)의 상단으로는 거치대(121)가 형성된 상부프레임(120)을 연결된다. 각 프레임의 연결시 내구성이 보장되어야 하며 기억 모양의 꺾쇠를 이용하여 지지하고 측면에서 볼트로 추가 고정하게 된다.
- [0026] 또한, 상기 하부프레임(110)에는 상기 영상감지모듈(140)을 PC, 즉 제어모듈과 연결하기 위한 USB 케이블의 통과를 위한 케이블 구멍이 따로 구비된다.
- [0027] 상기 영상감지모듈(140)은 상기 고정부에 설치되며 상기 동작영역에서의 손동작을 촬영하며, 본 발명의 실시예에서는 립모션 컨트롤러(leap motion controller)를 이용하여 영상감지모듈(140)을 구성하게 된다.
- [0028] 상기 립모션 컨트롤러는 손동작 인식용 적외선 카메라 모듈로써 단일장비로 손의 각도와 움직임, 손가락의 굽힘 정도를 추적하는데 특화되어있다. 본 발명의 실시예에서는 립모션 4.2 Orion SDK를 이용하여 제작하였으며 데스크톱 상부연결 방식을 사용하여 Unity에서 정보를 획득해 매핑하였다. 이는 데스크톱에 배치되는 소형 USB 장치이며 추적 정밀도가 현저하게 양호한 것으로 입증되었다. 표준 편차는 1mm 미만이고, 비록 카메라가 손의 가려진 부분을 볼 수는 없지만, 알고리즘을 통해 몇몇 전형적인 손동작을 검출하여 자체적으로도 유용한 추적을 제공할 수 있으며 연구실에서 활용하기에 매우 적합한 크기와 무게, 사용방식을 취하고 있어 본 발명에 적합한 특성을 갖는다.
- [0029] 상기 음성입력모듈(150)은 마이크를 기반으로 사용자로부터 음성을 입력받는 음성입력부(151)와, 입력된 음성을 분석하여 텍스트정보로 변환하는 음성인식부(152)로 구성된다.
- [0030] 본 발명의 실시예에서는 한국어 음성인식을 위해서는 Google speech to text API를 이용하였다. Google speech to text API는 음성 인식 맞춤설정을 통해 힌트를 제공하여 분야별 용어와 많이 쓰이지 않는 단어를 텍스트로 변환하고 특정단어 또는 어구의 텍스트 변환 정확도를 향상시킬 수 있으며 클래스를 사용해서 음성으로 인식된 숫자를 주소, 연도, 통화 등으로 자동 변환이 가능하고 Google의 최첨단 자동 음성 인식(ASR) 딥 러닝 신경망 알고리즘을 적용하여 음성 명령을 통해 제품에 더 나은 사용자 환경을 제공하고 콘텐츠를 실시간으로 또는 저장된 파일에서 텍스트로 변환할 수 있다는 장점이 있다.

- [0031] 상기 출력모듈(160)은 상기 거치대(121)에 결합되며 영상을 출력하는 디스플레이부(161)와, 음원을 출력하는 음향출력부(162)로 구성된다. 즉 모니터에 해당하는 디스플레이부(161) 및 스피커에 해당하는 음향출력부(162)가 상기 거치대(121)에 고정되는 것으로, 영상감지모듈(140)은 상부프레임(120) 하부에 위치하는 상자 형태의 하부프레임(110) 내부 고정부(111)에 위치하여 좌우 수직 프레임으로 구성되는 동작영역(작업스테이션) 내에서의 손 움직임을 촬영하도록 구성된다.
- [0032] 상기 제어모듈(170)은 상기 영상감지모듈(140)과 음성입력모듈(150) 및 출력모듈(160)과 연결되어 재활훈련 콘텐츠를 통해 재활훈련을 진행하기 위한 구성으로 PC나 이와 동등한 기능을 갖는 단말기로 구성되며, 세부 구성으로 저장부(171)와, 동작인식부(172)와, 음성인터페이스부(173)와, 영상처리부(174)와, 평가부(175) 및 피드백부(176)를 구비한다.
- [0033] 상기 저장부(171)는 메모리 내지는 저장매체로서 재활훈련을 위한 안내음성과 재활훈련 콘텐츠와 상기 콘텐츠에 대응하는 콘텐츠영상 및 유저인터페이스와 콘텐츠음원이 저장되며, 영상, 음원 및 증강현실을 통해 재활훈련을 진행하는 다양한 콘텐츠 및 관련 데이터가 저장될 수 있다.
- [0034] 상기 동작인식부(172)는 상기 영상감지모듈에서 촬영된 손동작을 인식하는 구성이다. 앞서 언급한 바와 같이 립모션 컨트롤러를 통해 영상감지모듈(140)을 구성하므로, 본 발명에서 상기 동작인식부(172)는 립 모션 컨트롤러를 통해 손의 움직임을 추적하여 3차원의 가상환경에 손 모델의 3차원 위치 값, 회전 값을 반영하고, 각 손가락 체절에 관한 상대각도 값을 구하게 된다.
- [0035] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 손뺑 동작 및 잡는 동작의 검출 플로어차트를 나타내고 있다.
- [0036] 본 발명에서 잡는 동작의 검출 및 손뺑 동작의 검출은 물건을 집기 위한 상호작용 알고리즘의 하위 메서드로써 잡는 동작의 검출을 입력받는 이진화 변수와 손뺑 동작의 검출을 입력받는 트리거를 발생시킨다.
- [0037] 립모션 장비는 손의 움직임을 추적하여 3차원의 가상환경에 손 모델의 3차원 위치 값, 회전 값을 반환한다. 이러한 3차원 손 모델은 손가락마다 4개의 관절에 해당하는 총 20개의 개별 객체에 관한 위치, 회전 정보를 포함하는 3D 객체로써 같은 썬의 객체들과 유연한 상호동작이 가능하다.
- [0038] 별도로 손동작에 대한 손 모양을 인식하여 분류하는 라벨링과 손동작에 따른 상호작용에 대한 피드백인 활성화 수는 제공되지 않는다. Pinch, Grab, Palm direction 등의 제한적인 손동작 라벨만을 제공한다. 따라서 충돌 매개변수, 회전 속도 검출, 좌우 스냅 등의 동작을 구현하기 위해서는 함수 추가 및 구현을 통해야만 가상의 물체를 집거나 좌우 스냅과 Pinch를 통한 Zoom 등의 기능을 수행할 수 있다.
- [0039] 또한, 립모션 자체는 모델구현만을 제공할 뿐 손동작 인식을 위해서는 별도의 라벨링 및 정의함수가 추가로 필요하다. 예를 들어 물건을 집기 위해서 손을 오므리거나 피는 동작을 3D모델 구현한다고 했을 때, 집는 모델을 렌더링하는 것은 립모션을 통해 관절의 위치를 찾아 매핑하는 것으로 해결될 수 있지만 콘텐츠 내부에 존재하는 오브젝트와 상호작용을 하려면 충돌체크와 충돌연산에 동반되는 동작을 구현해서 지정해 주어야 한다.
- [0040] 이 때문에 손바닥 부분과 각 손끝 관절은 충돌의 매개체가 되는 물리량을 갖는 충돌체를 추가해주게 되는데 이를 이하 충돌 판정 박스라고 한다. 충돌 판정 박스를 추가해줌으로써 상호작용이 가능한 물체 혹은 가상현실의 구성 오브젝트가 가지고 있는 충돌 판정 박스와 충돌체크를 진행할 수 있도록 구성하였다.
- [0041] 고정된 관절 구성요소(fixed joint) 컴포넌트를 추가하면 손 모델에 포함된 충돌 판정 박스와 다른 상호작용 오브젝트 사이의 접점을 상호작용 오브젝트의 원점으로 설정할 수 있어 위치정보의 부모객체로써 동작하고 마치 물건을 집어서 옮기는 것과 같이 보이도록 할 수 있다. 이 원리에 따라 동작하는 순서는 우선 손 3D 모델에 충돌 판정 박스를 추가하고 손 3D 모델의 충돌 판정 박스가 다른 상호작용 오브젝트의 충돌 판정 박스와 충돌하였을 때 상호작용 오브젝트의 태그 변수를 확인한다.
- [0042] 태그 변수는 일종의 라벨과 같은 변수로써 문자열의 형태로 오브젝트의 식별정보를 반환하는 기능을 수행한다. 이때 확인한 식별정보를 담는 태그 변수가 잡을 수 있는 객체로 분류되는 경우 엄지와 검지가 일정각도 이상인지 확인하여 일정각도 이상일 경우 3D객체의 모델링 내부 스켈레톤을 고정하는 컴포넌트인 고정된 관절 구성요소를 생성하여 접점을 구성하는 방식으로 동작하며 고정된 관절 구성요소가 존재할 때 엄지와 검지의 각도가 일정 각도 이하로 떨어질 경우 고정된 관절 구성요소를 해제하면 된다.
- [0043] 결과적으로 잡는 동작의 검출 및 손뺑 동작의 검출은 이진화 변수로 나타낼 수 있으며 손뺑 동작 검출의 경우 측정 후 대기 상태로 복귀하는 트리거 변수를 통해 처리된다. 트리거 변수와 이진화 변수의 차이점은 트리거 변수는 이벤트 핸들러에 발생 값을 전달시키고 소멸하여 함수 동작이 완료되면 다시 대기상태로 진입하여 동작하

도록 만들어주지만 이진화 변수는 상태 반환 값을 유지한다는 점에서 다르기 때문에 손뺑 동작의 검출은 트리거 변수를 이용해 손뺑을 친 순간에만 이벤트를 1회 처리하는 것이 가능하다.

[0044] 잡는 동작의 검출을 위한 기존의 방법은 pinch 동작을 이용해 감지하고 있어 엄지와 집게손가락을 사용하여 잡는 것이 바람직하다. 실제 손으로 잡는 동작을 하는 경우 작용점과 받침점이 반드시 존재하게 되며 이는 손가락 하나로 작은 물체를 잡을 때도 2가지 이상의 손 오브젝트와 접촉하였을 때 그 내각이 90도 이하이면 잡는 동작이 발생하도록 조정하였다. 손 오브젝트는 태그로써 구분하며 잡는 것이 가능한 오브젝트에서 실행함수를 통해 손 태그를 가진 오브젝트가 접촉하였을 경우 카운트를 1 증가시키고 직전에 카운트를 증가시켰던 손 오브젝트가 벗어났을 경우 카운트를 1 감소시킨다.

[0045] 그리고 카운트가 2 이상일 때 첫 번째 카운트를 증가시켰던 손 오브젝트의 각도를 기준으로 이후 카운트를 증가시킨 손 오브젝트와의 내각이 90도 이하인 경우 잡는 동작으로 판정하고 이때 충돌연산이 계속해서 발생할 경우 힘이 작용하여 잘못된 방향으로 애니메이션이 작용되어 손 오브젝트가 떨림 현상을 보일 수 있기 때문에 잡는 것이 가능한 오브젝트의 물리연산 강제 컴포넌트를 비활성화시키고 고정된 관절 구성요소를 생성하여 손 오브젝트에 고정할 수 있도록 한다. 물리연산 강제가 소실되어도 충돌연산을 진행할 수 있으므로 충돌이 벗어난 경우 카운트를 감소시키는 것에는 지장이 없다.

[0046] 손뺑 동작의 검출은 훨씬 간단한 방법으로 구현 가능한데 손바닥 모델에 충돌연산이 가능한 충돌 연산부를 추가함으로써 충돌이 시작한 경우에만 1회 효과음을 재생하도록 한다. 경우에 따라서 충돌이 벗어난 경우 플래그를 초기화시킴으로써 안정성을 높일 수 있다.

[0047] 또한, 본 발명에서는 손동작 라벨링을 위해 잡는 동작의 검출 및 손뺑 동작 검출은 손가락의 각도를 각각 입력받아 처리할 수 있도록 손 각도를 수집하는 메서드를 구현하여 연상 가능한 모든 손동작을 인식할 수 있도록 설계가 이루어진다. 이는 손바닥 모델을 기준으로 상대각도를 얻어 처리함으로써 가능한 방식이며 미리 지정된 손 동작들을 라벨 검사를 통해 획득하도록 하였다.

[0048] 손가락 체절의 각도는 지역 객체에 관한 오일러 각으로 받아올 수 있으며 손 모델의 인식 및 렌더링 이후 체절이 갖는 (x, y, z)축에 대한 회전 및 보간을 직관적으로 받기 위해 사용된다. 예를 들어, 오일러 각도가 (x, y, z)축 순서로 (γ , β , α)라고 하면 이는 우선 x축으로 γ 만큼 회전한 다음, 회전한 축(x', y', z')의 y' 축을 기준으로 β 만큼 회전한다. 그리고 마지막으로 회전한 축(x'', y'', z'')의 z''축을 기준으로 α 만큼 회전한다. 이때, 오일러 각도는 하나의 회전에 모든 회전의 합을 표현하고 이를 행렬로 나타내면 [수학식 1]과 같이 표현할 수 있다.

[0049] [수학식 1]

$$R_{ZYX}(\alpha, \beta, \gamma) = \text{Rot}(\hat{z}, \alpha) \text{Rot}(\hat{y}, \beta) \text{Rot}(\hat{x}, \gamma) = R_Z(\alpha) R_Y(\beta) R_X(\gamma) \\ = \begin{bmatrix} c_\alpha c_\beta & c_\alpha s_\beta s_\gamma - s_\alpha c_\gamma & c_\alpha s_\beta c_\gamma + s_\alpha s_\gamma \\ s_\alpha c_\beta & s_\alpha s_\beta s_\gamma + c_\alpha c_\gamma & s_\alpha s_\beta c_\gamma - c_\alpha s_\gamma \\ -s_\beta & c_\beta s_\gamma & c_\beta c_\gamma \end{bmatrix}$$

[0050] 그러나 오일러 각은 우리가 흔히 알고 있듯이 계층구조에 의한 짐벌락(gimbal lock) 현상의 발생으로 축이 상실되어 올바른 회전 각도를 구현하지 못할 가능성이 있는데 계층구조를 설계하고 쿼터니언(quaternion) 회전을 각도를 받아오는 것으로 축이 상실되는 것 없이 온전한 체절 각도를 획득할 수 있다.

[0052] 손동작을 구분하는 것은 각 손가락 별로 회전 원점을 제대로 지정하여 측정하는 것을 통해 구현할 수 있으며 이는 다시 말해 원점을 기준으로 각도를 측정하지 않고 바로 상위 오브젝트를 기준으로 각도를 측정하도록 하는 것으로 가능하다.

[0053] 이를 위해 손가락 끝 마디는 바로 상위 마디의 3차원 정보를 상속받도록 설정해야 하고 최종적으로 손바닥 모델과 연결되도록 하는 일련의 정형화된 객체 구조를 구성하여 측정해야만 한다. 모델링이 상기한 객체구조에 따라 구성되지 않았을 경우 3D Max 혹은 Maya 같은 프로그램을 이용하여 3D 모델의 뼈대의 3차원 정보 상속 순서를 설정해 주어야 하고 그 외에 3D 콘텐츠 내에서 원점에 대한 전역각도의 감산으로 이를 구할 수 있다.

[0054] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 손동작 인식을 위한 계층구조로서, 이러한 작업을 통해 각 손가락 체절에 관한 상대각도 값을 구함으로써 손목의 회전이나 상완의 각도에 상관없이 온전한 오브젝트의 각도값을 얻을 수 있게 된다. 기본적으로 오일러 각이 갖는 짐벌락 현상 때문에 위와 같이 계층구조를 설정하지 않으면 손가락 체절은

상위체절에 대하여 z축으로 90도 이상 회전할 수 없다.

- [0055] 계층구조를 통해 축과 각도에 대한 안정성을 확보할 수 있으며 이를 통해 안전하게 체절마다 각도를 획득할 수 있으므로 다양한 손동작을 인식하는 것이 가능하다. 정확하게는 모든 손가락 체절마다 각도를 얻는 것이 가능하므로 라벨링을 통해 규정한 모든 손동작을 구분 지을 수 있게 된다. 쿼터니언의 회전을 통해 얻는 방법은 한 축이 회전함에 따라 다른 축의 회전 값도 회전연산을 통해 조정되어 정확한 추적이 어렵고 그만큼 직관적인 각도를 유추할 수 없다는 단점이 있어 본 논문에서 차용한 회전 및 연산 순서 변환을 위한 계층구조 설계보다 체절의 각도를 획득하는데 있어서 비효율적이라고 판단된다.
- [0056] 상기 음성인터페이스부(173)는 상기 텍스트정보를 통해 콘텐츠의 선택 및 진행이 이루어지도록 하는 구성으로, 키보드 자판이나 마우스, 터치스크린과 같은 입력수단의 경우 재활환자의 접근성을 떨어뜨릴 수 있어 음성입력을 기반으로 동작의 입력 및 콘텐츠 진행이 이루어지도록 구성하게 된다.
- [0057] 상기 영상처리부(174)는 증강현실 환경을 만들어 주는 구성으로 상기 동작인식부를 통해 인식된 손동작을 콘텐츠 영상에 적용, 즉 합치는 영상처리를 통해 증강현실 영상을 출력시키게 된다.
- [0058] 상기 평가부(175)는 인식된 손동작을 상기 콘텐츠의 내용에 대응하여 평가하는 구성으로, 특히 어떤 손동작이 정확하게 이루어진 여부나 정확한 타이밍에 맞게 이루어졌는지 등을 평가하게 된다.
- [0059] 상기 피드백부(176)는 상기 평가부 평가결과를 영상 또는 음성을 통해 출력하여 사용자가 정확한 동작을 실행했는지나 동작이나 타이밍의 수정이 필요한지를 인지할 수 있도록 한다.
- [0060] 본 발명에서는 4개의 재활 콘텐츠를 실시예로 제시하여 설명한다.
- [0061] 첫 번째 실시예로 상기 재활훈련콘텐츠는 음원을 재생과 함께 점수 및 자막과 상호작용 목표 오브젝트를 출력하고, 사용자가 상기 상호작용 목표 오브젝트에 맞춰 손뺑을 치면 손의 위치와 손뺑 동작을 인식하여 효과음과 함께 점수를 부여하도록 구성될 수 있다.
- [0062] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 진행 시나리오, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 설계 및 목표, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 시스템 설계 레이아웃, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 1의 시스템 내수 스크린샷이다.
- [0063] 본 발명에서 개발한 림모션을 이용한 증강현실 기반 첫 번째 손동작 인식 재활 콘텐츠는 주의훈련 및 관리기능 훈련을 목표로 하는 훈련 콘텐츠로, 제시되는 상황에 따라 사전에 학습된 알맞은 동작을 처리하도록 하는 과정을 훈련하는 것이다.
- [0064] 콘텐츠의 개연성을 위해 노래 및 영상을 출력하는 도중 손뺑을 쳐 호응해야 한다는 시나리오를 통해 동기를 부여하고 있다.
- [0065] 실제 일상생활에서 사용 빈도가 높은 손동작을 이용한 재활콘텐츠를 구현하는 것을 특징으로 하고 있으며 사전에 조사한 인지재활 활동항목들 중 주의훈련과 관리기능 훈련을 목표로 시지각적으로 전달되는 정보를 순간적으로 분류하여 사전에 학습된 운동반응을 의도적으로 이끌어내는 훈련이다.
- [0066] 진행방식은 총 3가지 노래 선택지를 제공하는 초기화면에서 노래를 선택하고 시작버튼을 누르면 도 7 내지 8과 같이 구성된 UI가 표시된다. UI는 점수 표시와 자막표시를 위한 텍스트 뷰를 포함하고 있으며 배경에는 무작위 동영상의 재생되고 상호작용 목표 오브젝트가 음악에 맞추어 좌 혹은 우에 표시되어 나타난다.
- [0067] 사용자는 화면에 표시된 상호작용 목표 오브젝트로 손을 이동하여 손뺑을 치면 손의 위치와 손뺑 동작을 인식하여 효과음과 함께 점수를 획득하게 된다.
- [0068] 두 번째 실시예로 상기 재활훈련콘텐츠는, 복수의 동물 캐릭터가 오브젝트로 주어지고 안내음성과 함께 선택된 오브젝트에 변화를 주며, 사용자가 설정된 손동작을 통해 음성인식을 활성화 시킨 후 입력한 음성인식결과와 정답이 일치할 경우 효과음과 함께 점수가 주어지도록 구성될 수 있다.
- [0069] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 진행 시나리오, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 설계 및 목표, 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 시스템 설계 레이아웃, 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 2의 시스템 내수 스크린샷이다.
- [0070] 콘텐츠 2는 단기 개념 기억 훈련 콘텐츠로 Google speech to text API를 이용한 가상현실 기반 음성인식 재활 콘텐츠이며 주의훈련 및 기억 훈련을 목표로 하는 훈련 콘텐츠이다.

- [0071] 가상 오브젝트가 배치된 상태에서 일정 시간이 흐른 후 무작위로 한 가지 오브젝트가 이동하도록 설정되어있다. 이동한 오브젝트의 이름을 제시된 선택지 내에서 선택할 수 있도록 하는 시나리오를 지니고 있다.
- [0072] 콘텐츠 2는 음성인식을 이용해 컨트롤 가능한 재할콘텐츠를 구현하는 것을 특징으로 하고 있으며 사전에 조사한 인지재할 활동항목들 중 언어적 회상훈련과 주의훈련을 목표로 디스플레이에 시지각적으로 과거에 전달되었던 정보를 기억하였다가 디스플레이의 화면 정보에 집중하여 변화된 정보를 획득하도록 하고 이를 선택적으로 이끌어내는 훈련이다.
- [0073] UI는 점수표시부분과 약간의 주의집중력과 기억 활동을 요구할 수 있는 움직이는 오브젝트가 3D동물 캐릭터로 총 4마리 표시된다. 진행방식은 콘텐츠가 시작되면 한 마리 동물이 도망치고 있으니 기억해달라는 안내음성과 함께 4마리 동물 중 한 마리가 이동하게 되고, 잠시 후 어떤 동물이 이동했는지 주먹을 쥐어 음성인식을 활성화 시킨 후에 정답을 말하고 다시 주먹을 펴 입력된 음성인식결과를 출력한다. 이때 UI를 통해 정답인 동물을 포함한 3가지의 선택지가 나온다. 음성인식결과와 정답이 일치할 경우 효과음과 함께 점수를 획득한다.
- [0074] 세 번째 실시예로 상기 재활훈련콘텐츠는, 쓰레기 분리수거 항목으로 복수의 포지션이 이름표와 함께 제시되고, 가상의 책상에 무작위로 분리수거 대상인 오브젝트를 생성 후, 안내 음성에 맞춰 오브젝트를 잡아 지정 포지션을 옮기는 손동작에 대응하는 손 모델을 함께 출력하며, 주어진 이름표와 쓰레기 오브젝트의 속성이 일치할 경우 정답으로 간주하여 효과음과 함께 점수가 주어지도록 구성될 수 있다.
- [0075] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 진행 시나리오, 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 설계 및 목표, 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 시스템 설계 레이아웃, 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 3의 시스템 내수 스크린샷이다.
- [0076] 콘텐츠 3은 립모션을 이용한 세 번째 가상현실 기반 손동작 인식 재활 콘텐츠로써 구성 및 개념화 훈련을 목표로 하는 훈련 콘텐츠로, 나열된 오브젝트를 앞에 제시된 분류 항목에 따라 구분하는 과정을 훈련하는 콘텐츠이다.
- [0077] 쓰레기를 알맞은 분류에 따라 분리수거를 진행한다는 시나리오를 가지고 있다. 콘텐츠 3은 립모션 컨트롤러를 이용한 손 모델링 및 콘텐츠에 렌더링이 가능하고 상기 알고리즘에서 소개한 잡는 동작의 검출을 통해 물건 집기동작을 수행할 수 있는 프로그램으로써 UI는 점수 표시 부분과 물건을 집어넣을 수 있는 골 포지션이 플라스틱, 캔, 유리라는 이름표와 함께 3군데가 제시되며 앞에 있는 가상의 책상에 무작위로 분리수거 대상인 오브젝트가 생성된다.
- [0078] 진행방식은 콘텐츠가 시작되면 알맞은 쓰레기통에 쓰레기를 나누어 달라는 안내 음성이 들리고 오브젝트가 책상 위에 생성되며 손 모델을 움직여 주먹을 쥐어 잡는 동작을 하면 VR 콘텐츠 내부에서도 물건이 집어져 이동 가능하게 된다.
- [0079] 이를 이용해 알맞은 쓰레기통에 가져가 주먹을 펴 물건을 놓는 것으로 쓰레기통에 물건을 집어넣을 수 있다. 쓰레기통에 붙여진 이름표와 쓰레기 오브젝트의 속성이 일치할 경우 정답으로 간주하여 효과음과 함께 점수를 획득한다.
- [0080] 네 번째 실시예로 상기 재활훈련콘텐츠는, 설정된 다수의 물건 및 상자를 제시하고, 주어지는 대상과 연관된 물건을 찾아 상자에 넣으라는 지시 음성 메시지가 출력하고, 선택된 물건을 집어 상자에 알맞게 집어넣는 동작이 이루어질 경우 음성피드백과 함께 점수를 부여하고 잘못된 동작이 이루어질 경우 음성피드백과 함께 다음 문제로 넘어가게 되는 과정을 반복하도록 구성될 수 있다.
- [0081] 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 진행 시나리오, 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 설계 및 목표, 도 19는 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 시스템 설계 레이아웃, 도 20은 본 발명의 실시예에 따른 콘텐츠 4의 시스템 내수 스크린샷이다.
- [0082] 콘텐츠 4인 구성 및 개념화 훈련 콘텐츠는 립모션을 이용한 네 번째 가상현실 기반 손동작 인식 재활 콘텐츠로써 구성 및 개념화 훈련을 목표로 하는 훈련 콘텐츠이며, 제시되는 목표 가이드 그림과 같은 분류에 해당하는 물건을 집어 상자로 옮겨 담는 동작을 수행하여야 한다.
- [0083] 콘텐츠 4는 립모션을 이용한 네 번째 가상현실 기반 손동작 인식 재활 콘텐츠로써 사전에 조사한 인지재할 활동항목들 중 구성훈련과 개념화 훈련을 목표로 하는 훈련 콘텐츠이다. 디스플레이에 시지각적으로 정보를 입력받은 후 이를 앞에 제시된 물체의 범주와 서로 연관성을 찾기 위한 과정이 필요하다.

- [0084] 훈련이 시작되면 앞에 그림이 한 장 제시되며 눈앞의 물건 중 연관된 물건을 찾아 상자에 넣으라는 지시 음성 메시지가 출력된다. 이를 듣고 물체를 집어 올려 상자에 알맞게 집어넣었으면 음성피드백과 함께 점수가 오르게 되고 잘못 집어넣었으면 음성피드백과 함께 다음 문제로 넘어가게 되는 과정을 총 10회 반복하도록 구성되어 있다.
- [0086] <실험예>
- [0087] 상기의 재활 훈련시스템의 이용에 있어 언급한 체질 계층구조를 통한 알고리즘 및 잡는 동작검출 개선 등의 입력 메커니즘의 실제 효용성을 검토하기 위하여 쿼터니언 연산을 변환 없이 이용할 경우의 손동작 인식 정확도와 오일러 변환 각
- [0088] 및 계층구조를 적용한 알고리즘의 손동작 정확도를 측정하고 인식 정확도를 각 경우에 따라 측정 후 비교하였다.
- [0089] 또한, 재활 프로그램 콘텐츠의 효용성을 테스트하기 위해 손뺑 동작의 검출의 후속처리 속도, 잡는 동작 검출에 따른 음성인식의 반응속도를 측정하였다.
- [0090] 또한, 손동작을 인식하고 라벨링하는 과정에서 CNN을 이용한 스펙트로그램 분석기법을 사용하여 손동작 인식 정확도가 얼마나 높게 나오는가를 측정하는 실험을 수행하였다.
- [0091] 실험 1은 미리 라벨링한 손동작에 대한 사용자 의도와 실제 인식한 손동작에 대해서 얼마나 정확하게 인식하였는지를 손동작별로 30회씩 반복하여 손동작 인식 정확도를 평가하였다.
- [0092] 실험 2는 손뺑 동작의 검출 후 비활성화된 손 모델이 복귀하는데 걸리는 시간을 50회 측정하여 그 평균치를 확인하였다.
- [0093] 실험 3은 3-1과 3-2로 나누어 실험하였으며 기존 SVM을 활용한 발명에서 특정 동작을 선별하였듯이 같은 기준으로 정확도가 높은 5개 동작을 선별하여 실시하였다.
- [0094] 실험 3-1은 5개 동작에 대하여 10회 데이터를 수집하였고 회별로 10초 동안 0.1초 마다 하나의 행을 입력받아 1,000개의 행을 갖는 데이터를 입력받았다.
- [0095] 실험 3-2는 5개 동작에 대하여 10회 데이터를 수집하였고 회별로 1초 동안 0.1초마다 하나의 행을 입력받아 10개의 행을 갖는 데이터를 입력받았다. 이후 CNN 모델을 학습시킨 후 사전검정을 통해 정확도를 확인하였다.
- [0096] - 실험 1: 손동작 인식 정확도 실험
- [0097] 총 8가지의 손동작을 사전 정의하여 손가락 체질의 각도를 입력받아 손동작을 구분하도록 하여 목표 손동작이 오른쪽 상단 UI에 표시될 수 있도록 하였다. 또한, 현재 손동작이 어떤 손동작인지 화면 왼쪽 상단 UI에 표시가 되어 5초 이내에 지시된 것과 알맞은 손동작을 취한 경우 오른쪽 상단에 위치한 UI의 점수 카운트가 올라가서 몇 번 알맞은 손동작을 취했는지 체크할 수 있도록 하였다. 알맞은 손동작을 5초 이내에 취하여 카운트가 상승하거나 5초 동안 제시된 손동작을 취하지 못하면 알림음이 나오고 오른쪽 상단의 실험 진행횟수에 대한 횟수에 관한 숫자가 상승한다.
- [0098] 이때 제한시간 5초 이내에 알맞은 손동작을 제시하지 못한 경우에는 횟수만 증가하고 점수가 증가하지 않는다. 도 21은 본 발명의 실험예에 따른 측정대상 손동작 사전 정의로서, 각 동작 별로 30회씩 실험을 진행하였으며 사용된 동작은 아래 도 21에 표시된 것과 같은 사전 정의된 동작을 의도하여 올바르게 입력받는지 확인하는 것으로 진행되었다.
- [0099] 이때 카메라를 통해서 획득한 영상을 기반으로 손목의 상대적인 각도에 따라 정확도가 다르게 인식되는 경향이 있어 카메라에 대한 손바닥의 각도에 따른 인식률 변화를 각 동작별로 분석하여 표로 그 차이를 분석하였다.
- [0100] 다른 각도 획득 방법과 본 발명에서의 각도 획득 방법인 지역 오일러 각의 차이점을 좀 더 명확히 확인하기 위해 펼쳐진 손에 대하여 4가지 방식으로 검지 둘째 마디의 회전율을 검출하도록 한다.
- [0101] 이때 적용하는 4가지 방법은 다음과 같이 정의할 수 있다. 전역 오일러 각(global euler)은 행렬연산을 따르지만 계층구조를 적용시킬 때 그 기준을 원점으로 설정하여 원점으로부터 획득한 오일러 각이며 회전정보 로우데이터(rotation)는 계층구조를 적용시키지 않았고 쿼터니언 행렬 구조가 야기하는 문제를 해결하기 위해 변환된

Unity 상의 로우데이터이다. 지역 오일러 각(local euler)은 계층구조를 적용시키고 행렬연산을 수행하여 얻은 본 발명에서 다른 기법에 관한 결과값이며 쿼터니언의 오일러 각 변환 함수 결과값(quaternion to euler) 또한 행렬연산을 실시하게 되나 Unity는 회전에 대한 쿼터니언의 내부 표현을 오일러 각도로 변환하는데 오일러 각도를 사용하여 주어진 회전을 표현하기 위해 다시 읽은 값은 할당된 값과 상당히 다를 수 있게 된다.

- [0102] 즉 내부에서는 행렬연산을 수행하여 동작하지만 그것을 활용하기 위해 반환받을 경우 행렬연산을 수행하지 않은 값으로 출력된다는 것이다.
- [0103] 도 22는 본 발명의 실험예에 따른 오브젝트 각도에 따른 체절 각도 획득 방법 비교자료로서, 각 4가지 방법별로 수직축 회전을 실시하면서 펼쳐진 손에 대한 검지 둘째마디 회전율을 4가지 방식으로 검출하고 비교한 것이다.
- [0104] 왼쪽은 모두 각도 0도에서 측정한 것이고 오른쪽은 각도 360도에서 측정한 것이다. 이때 전역 오일러 각, 지역 오일러 각, 회전 변수 값은 0도와 360도 회전 시 각도 값의 차이가 없으나 쿼터니언의 오일러 각 변환 함수 결과 값은 0도와 360도 간에 서로 일정하지 못한 결과값을 보인다.
- [0105] 이는 상기 서술한 짐벌락 현상에 관한 것으로 회전함에 따라 회전축이 상실되었을 때에 대해 보정이 이루어지지 못한 것이며 값이 일정하지 않은 것을 생각했을 때 쿼터니언의 오일러 각 변환함수 결과값이 손동작 인식을 위한 각도획득 방법으로 불리하다고 판단할 수 있다.
- [0106] 회전 변수값의 경우 짐벌락에 대한 문제가 보완을 위한 회전각 변환이 잘 이루어진 상태이며 360도 회전과 0도 회전에서의 차이는 매우 작은 것으로 나타난다.
- [0107] 기존 SVM 모델을 적용한 손 모델 인식 알고리즘의 경우에도 상기한 문제에 대하여 하드웨어적인 개선이 필수적으로 요구된다고 연구된 바 있으며 이러한 이유 때문에 소프트웨어적인 알고리즘을 검정하기로 한 기존 SVM을 적용하여 손동작을 인식한 연구들에서는 특정 각도와 특정 손동작만을 제한하여 실험을 진행하였다.
- [0108] 본 발명에서 또한 이러한 제한점을 확인하고 실험조건을 동일하게 적용하기 위한 방법으로 손동작별 정확도와 각도별 정확도를 평가하여 그 차이가 있는지 확인할 수 있도록 하며 4가지 변환 방법 중 어느 것을 스펙트로그램으로 변환하기 위한 전처리 로우데이터로 활용할지를 선별하도록 하기 위한 실험이다.
- [0109] - 실험 2: 모델 재인식 반응속도 실험
- [0110] 두 번째 실험은 손뺑 동작의 검출 후 손 모델이 한 덩어리로 인식되어 양손이 손 하나로 인식되어 한쪽 손 모델이 소실되었을 때 다시 손뺑 이후 모델을 인식하는데 걸리는 시간을 확인함으로써 그 실효성을 검증하기 위한 실험이다.
- [0111] 손뺑 동작의 검출을 트리거로 동작하여 이후 활성화 변수인 썬 내부 활성화 상태를 체크하여 손 모델의 렌더링 상태를 50회 반환받아 최대 소요시간과 최소 소요시간 평균 시간을 확인하였다. 총 50회 동안 손뺑 동작의 검출을 유도하고 그 이후 소실된 경우에 다시 손 모델을 인식한 경우를 밀리초(ms) 단위로 측정하였으며 시간이 워낙 짧은 경우 육안으로 확인이 불가능하므로 활성화함수로부터 반환받기까지 걸린 시간을 왼쪽 UI 상단에 표시할 수 있도록 하였다.
- [0112] - 실험 3: CNN 기반 스펙트로그램을 이용한 손동작 분류
- [0113] CNN 기법을 통해 손동작 분류 기법을 적용하고 SVM과 비교하여 그 정확도의 향상을 확인하기 위하여 아래 그림과 같은 모델을 설계하여 학습을 진행하도록 한다.
- [0114] 도 23은 본 발명의 실험을 위한 CNN 모델 블록 개요, 도 24는 본 발명의 실험예에 따른 모델 레이어 정의 및 구조로서, 모델은 가장 널리 통용되는 CNN 모델인 mnist 를 참조하여 디자인하였으며 3개의 convolution 레이어와 3개의 max pooling 레이어, 2개의 dense 레이어를 사용하며 각 레이어의 상세구조는 도 24와 같이 구성되어 있다.
- [0115] 학습에 사용된 데이터는 지역 오일러 각에서 비교적 정확도가 높게 측정되었던 A, C, D, E, F 5가지 손동작에 대하여 각 동작별로 10개의 데이터를 측정된 실험 3-1과 1000개의 데이터를 측정된 실험 3-2로 나뉘며 이러한 데이터를 수집하기 위하여 시뮬레이션 프로그램을 구성하여 동작시켰다.
- [0116] 기본적으로 VR 콘텐츠 내부의 최소 시간단위는 컴퓨터의 성능에 의해 좌우되며 0.04초를 기본 최소 시간단위로 잡고 있다. 필요에 따라 그 이상을 성능을 내는 것도 가능하지만 시스템의 안정성을 떨어트릴 수 있어 0.04초보다 동작하는 기본 최소시간단위를 고려하여 0.1초마다 Unity VR 콘텐츠 내부에서 정해진 동작을 취하고 데이터

수집버튼을 눌렀을 때 데이터가 수집되도록 하였다. 때문에 1,000개의 데이터를 모으는 시뮬레이션은 0.1초마다 데이터를 수집하여 한 가지 손동작을 행할 것을 디스플레이를 통해 지시하고 이후 1초가 흐른 뒤부터 총 100초 동안 데이터를 0.1초마다 수집하여 csv파일로 기록하였다.

- [0117] 이후 100초가 지난 후 파일을 저장하고 디스플레이상에서 데이터 수집이 끝났음을 알리고 다음 버튼이 눌릴 때까지 사용자가 대기하는 방식으로 데이터 수집이 이루어졌다.
- [0118] 10개의 데이터를 수집하는 방식은 데이터가 적은 경우에 정확도에서 얼마나 차이가 발생하는지를 확인하기 위해서 실시하였으며 동일한 방식으로 미리 목표 손동작을 디스플레이상에서 지시하고 데이터 수집버튼을 누른 뒤 1초 후 총 1초간 데이터를 수집하고 1초가 지난 후 데이터 수집이 끝났음을 디스플레이상에 알렸다.
- [0119] 이러한 방식을 반복하여 총 5개 손동작에 대하여 각 실험 3-1, 3-2 모두 손동작 별로 100개의 데이터를 수집하였으며 각각 500개씩 총 1,000개의 데이터를 수집하였다. 실험은 나누어서 진행되었으며 실험 3-1, 3-2 모두 500개의 개별 데이터를 훈련 세트(training set) 90%(450개)와 평가 세트(test set) 10%(50개)로 나누어 학습 및 테스트를 진행하였다.
- [0120] <실험결과>
- [0121] - 실험 1: 손동작 인식 정확도 실험
- [0122] 손바닥이 카메라를 바라보고 있을 경우 가장 인식률이 높았으며 이때 각도를 0도라고 했을 때, 90도에서 84.58%, 135도에서 86.25%로 낮았으며 가장 높은 정확도를 보인 것은 0도일 때 98.75%, 315도 일 때 98.75%로 손바닥이 카메라 정면인 경우 모든 동작에 대하여 정확도가 가장 높았다.
- [0123] 도 25는 Local transform euler를 이용한 손동작별 손동작 인식 정확도를 나타낸 측정표이다.
- [0124] Local transform euler을 기반으로 8가지 손동작에 대해 각도를 변화시키며 30회 인식결과를 측정하였다. 이는 손동작 D, E, H에 대해 30 ± 0 , 29.37 ± 0.91 , 29.37 ± 0.91 로 적은 표준편차를 보였으며 전체적으로 80% 이상의 정확도를 보였다. 손동작 D, E, H를 제외하고 표준편차가 상대적으로 높고 정확도가 상대적으로 높게 측정되었다.
- [0125] 도 26은 Quaternion to euler를 이용한 손동작별 인식 정확도를 나타낸 측정표이다.
- [0126] 쿼터니언의 오일러 각 변환 함수 결과 값을 기반으로 8가지 손동작에 대해 각도를 변화해가며 330회 인식결과를 측정하였다. 전체적으로 70% 이상의 정확도를 보였으나, 모든 각도에 대하여 평균 정확도가 지역 오일러 각보다 낮게 측정되었다.
- [0127] 도 27은 Local transform euler을 이용한 각도별 인식 정확도를 나타낸 측정표이다.
- [0128] Local transform euler를 기반으로 8가지 각도변화에 대해 손동작 변화로 나타낸 30회 인식결과는 표 10과 같다. 이는 각도 0도와 315도에 대해 29.62 ± 1.06 , 29.62 ± 0.74 으로 적은 표준편차를 보였으며 전체적으로 85% 이상의 정확도를 보였다. 각도 0도와 315도를 제외하고 표준편차가 상대적으로 높고 정확도가 상대적으로 높게 측정되었다.
- [0129] 도 28은 Quaternion to euler 를 이용한 각도별 정확도를 나타낸 측정표로서, Quaternion to euler를 기반으로 8가지 각도변화에 대해 손동작 변화로 나타낸 30회 인식결과이다.
- [0130] 전체적으로 50% 이상의 정확도를 보였으나, 모든 각도에 대하여 표준편차 및 평균 정확도가 local transform euler보다 낮은 수준으로 측정되었다.
- [0131] 또한, 손바닥이 정면과 45도 각도 일 때인 45도와 315도를 비교했을 때 45도는 95%로 98.75%인 315도에 비하여 다소 정확도가 낮은 경향을 보였다. 새끼손가락은 가려져 있어도 인식률이 좋았던 반면 엄지손가락은 가려져 있을 경우 구부림 정도 인식률이 뒤떨어지는 경향을 보였다.
- [0132] 동작별 정확도는 D, H 동작과 같이 손가락의 구부림 정도만 가지고 인식할 수 있는 동작의 정확도는 높게 측정되었으며 B처럼 손등 쪽에서 보았을 때 손가락의 움직임만을 특정할 수 없는 경우는 손가락이 어떤 형태인지 추측하는데 어려움을 겪음에 따라 정확도가 감소하였고 이는 정확히 손등이 카메라를 마주보고 있는 180도인 경우보다 측면에서 바라보았을 때 더욱 인식률이 떨어지는 모습을 보여 주었다. C와 G도 마찬가지로 손바닥이 카메라와 마주보고 있는 0도와 45도 차이가 나는 45도, 315도에서 측정하였을 때에는 28회~30회의 정확도를 보였으며 180도인 경우에 26, 27회의 정확도를 보여주었으나 측면에서 사용한 경우 최대 C는 21

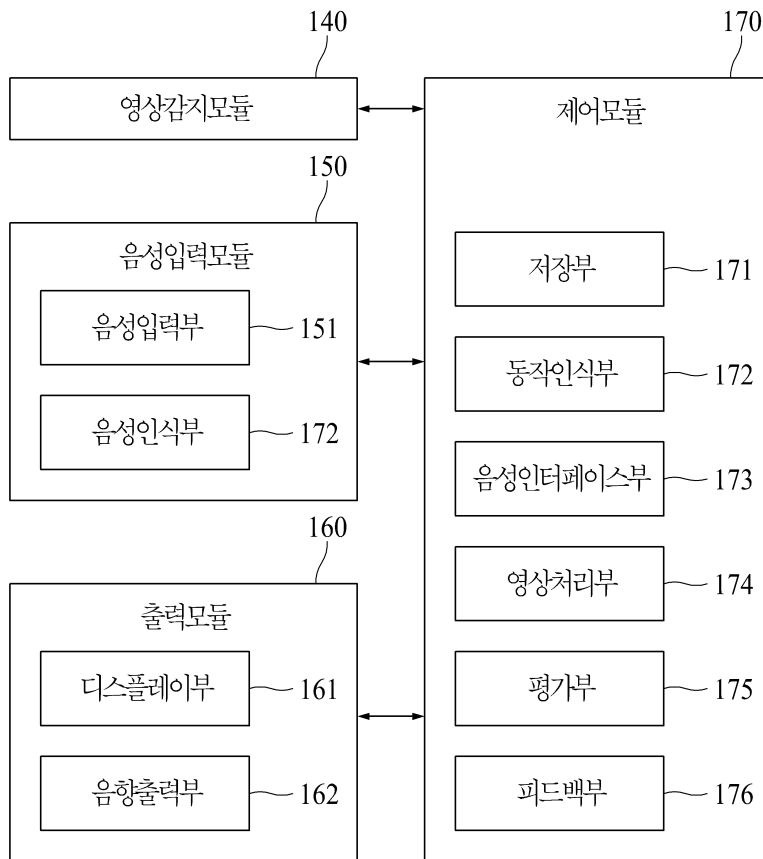
- [0133] 회, G는 19회까지 인식률이 떨어지는 모습을 보여주었다.
- [0134] 각도에 따른 정확도 변화를 측정하였을 때 각도 0도와 315도에서 정확도 90% 이상을 만족하였다. 단일 깊이카메라를 이용한 방식이기 때문에 각도에 취약하다는 사실이 증명 가능하다. 기존 SVM 모델을 적용한 손동작 인식 알고리즘에서 제시한 하드웨어의 물리적 한계를 확인할 수 있었으며, 이러한 이유 때문에 소프트웨어적인 알고리즘을 검정하기로 한 본 발명에서는 기존 SVM을 적용하여 손동작을 인식한 연구들과 동일한 실험조건을 위해 앞으로의 실험 3-1, 실험 3-2에서 0도로 각도를 제한하여 실험하였다.
- [0135] - 실험 2: 모델 재인식 반응속도 실험
- [0136] 최대 소요시간은 0.9초였으며 최소 소요시간은 0.512초로 평균 0.727초 내로 손 모델이 소실된 후 인식하는 결과값을 보였다. 이때 소실되는 것을 방지하기 위해 손 모델 렌더링 활성화에 관한 SDK 기능을 비활성화한 경우 오히려 인식률이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경우 최대 소요시간은 1.395초였으며 최소 소요시간은 0.704초로 전체적으로 크게 재인식에 걸리는 시간이 증가하였다. 손 모델 렌더링 활성화 기능을 사용하지 않고 손뾰족 동작의 검출을 수행하였을 때 평균 0.727초 이내에 손 모델이 복구되었다.
- [0137] 도 29는 본 발명의 실험예에 따른 모델 재인식 반응속도 실험결과로, 손뾰족 동작의 검출 후 Hand model 재인식에 대한 반응속도(x축 회수, y축 시간(second))를 나타낸다.
- [0138] - 실험 3: 손동작 인식 정확도 실험
- [0139] 실험 3-1을 진행하며 A, C, D, E, F 5개의 손동작에 대하여 손동작별로 1초 동안 수집된 10행의 데이터를 100회씩 수집하여 총 500개의 데이터를 수집한 후 90%(450개)는 학습에 이용하고 10%(50개)를 테스트에 이용했을 때 테스트 결과 100%로 측정되었다.
- [0140] 실험 3-2를 진행하며 A, C, D, E, F 5개의 손동작에 대하여 각 손동작 별로 1초 동안 수집된 1,000행의 데이터를 100회씩 수집하여 총 500개의 데이터를 수집한 후 90%(450개)는 학습에 이용하고 10%(50개)를 테스트에 이용했을 때 테스트 결과 100%로 측정되었다.
- [0141] 도 30은 본 발명의 따른 손동작 인식 정확도 실험에 따른 confusion matrix(X 축: actual, Y축: predicted)로, 실험 3-2의 결과를 갖고 테스트 결과와 정답이 맞았던 항목에 대하여 confusion matrix로 나타낸 것이다.
- [0142] 이와 같은 실험 결과에 따라 본 발명에서 제시한 CNN 기법은 SVM을 활용한 손동작 인식 방법보다 정확도가 높고 주변 배경변화 등에 유리하여 증강현실 기반 인지재활 훈련시스템에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 기대할 수 있다.
- [0143] 본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시 예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

부호의 설명

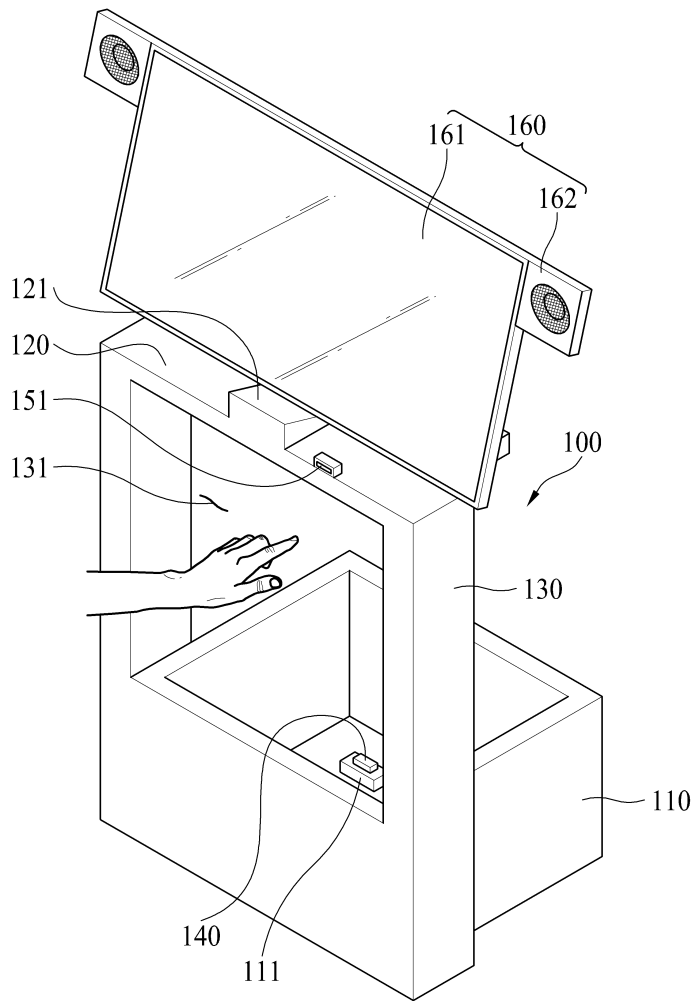
- [0144] 100: 몸체부 110: 하부프레임
111: 고정부 120: 상부프레임
121: 거치대 130: 수직프레임
131: 동작영역 140: 영상감지모듈
150: 음성입력모듈 151: 음성입력부
152: 음성인식부 160: 출력모듈
161: 디스플레이부 162: 음향출력부
170: 제어모듈 171: 저장부
172: 동작인식부 173: 음성인터페이스부
174: 영상처리부 175: 평가부
176: 피드백부

도면

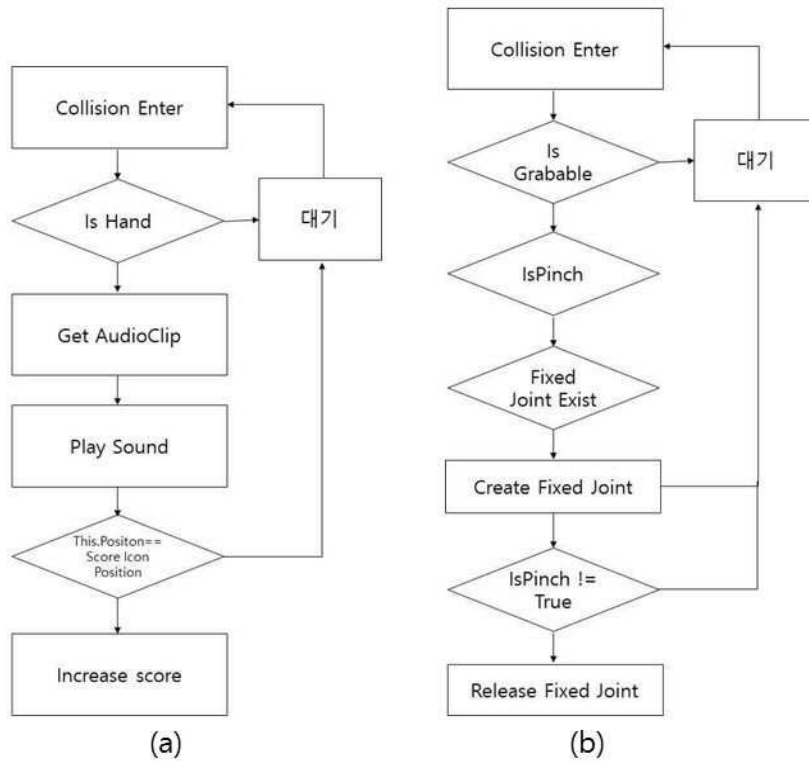
도면1



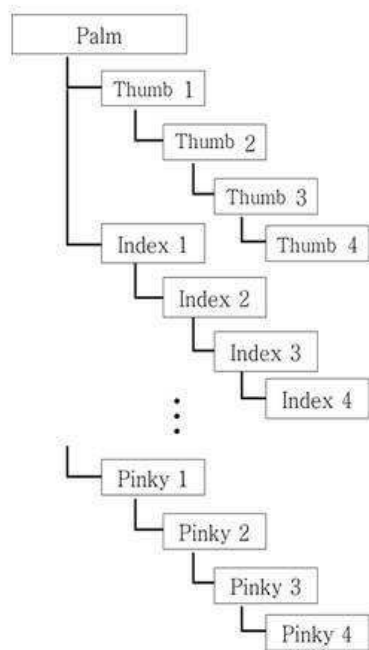
도면2



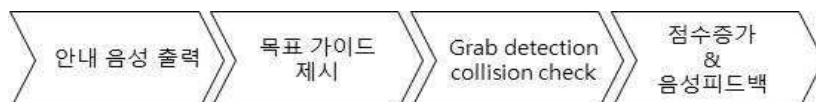
도면3



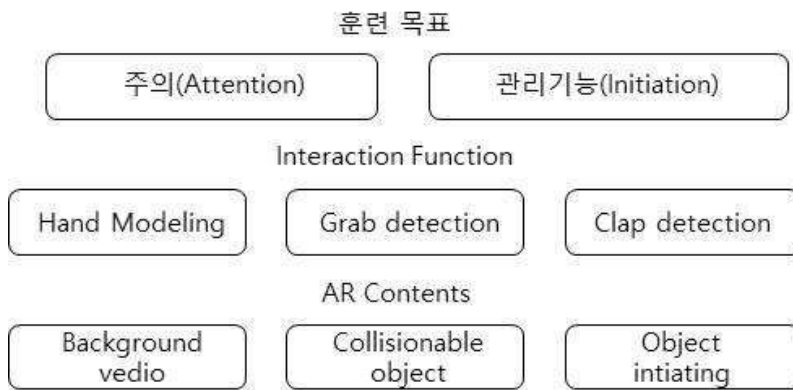
도면4



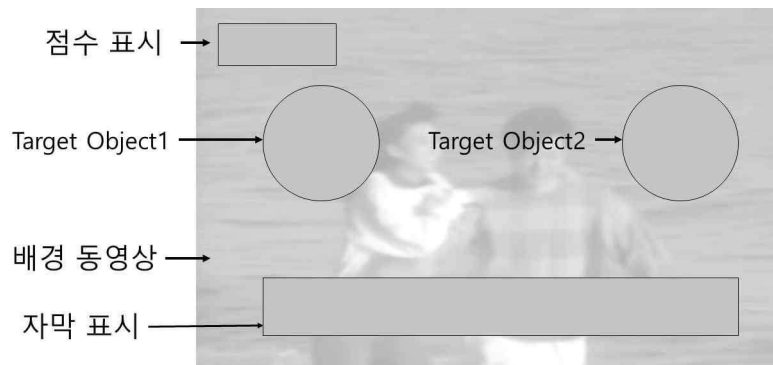
도면5



도면6



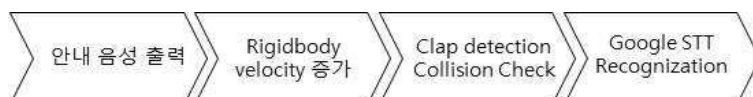
도면7



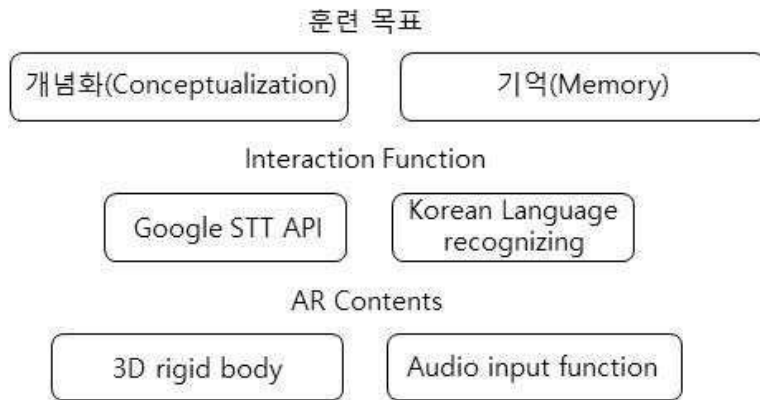
도면8



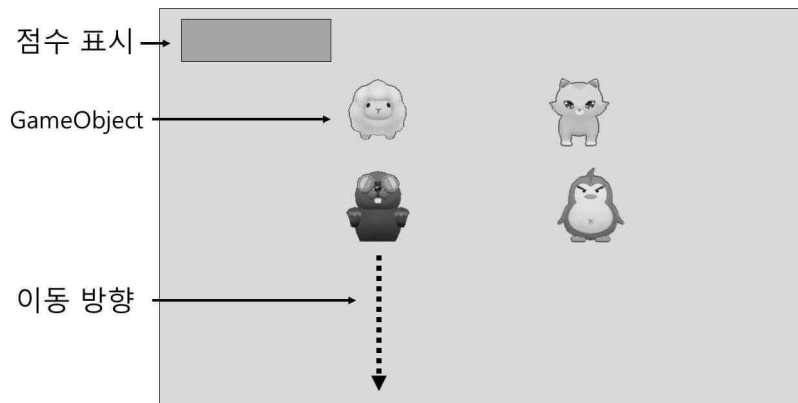
도면9



도면10



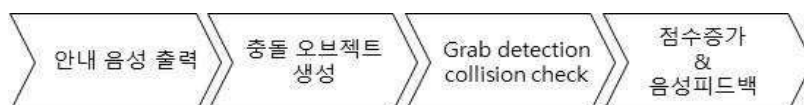
도면11



도면12



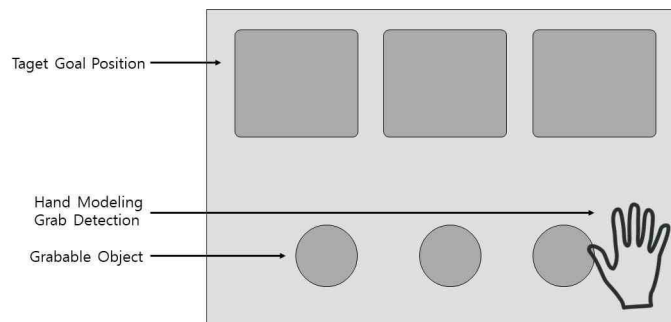
도면13



도면14



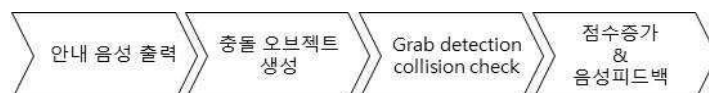
도면15



도면16



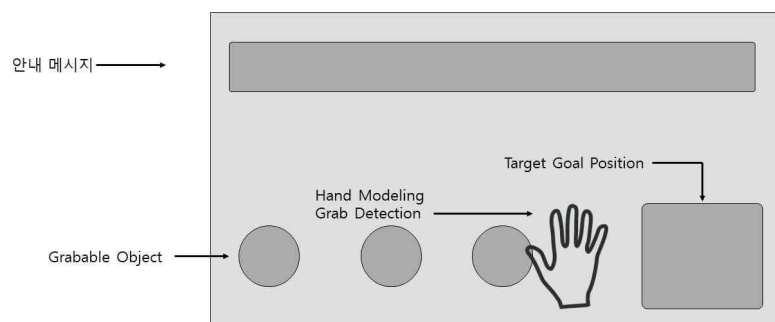
도면17



도면18



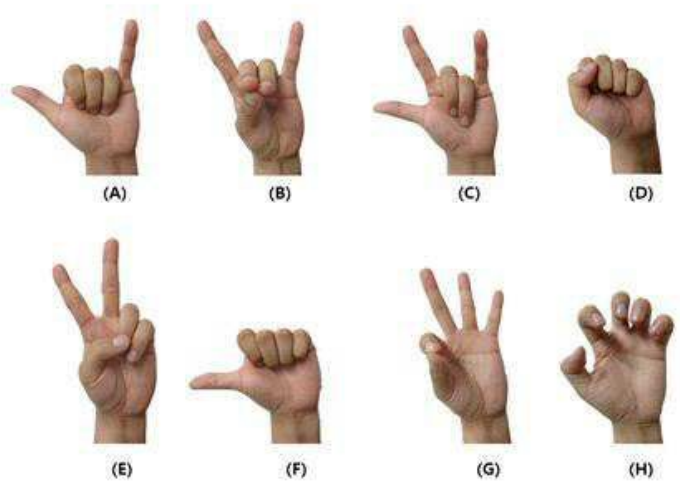
도면19



도면20



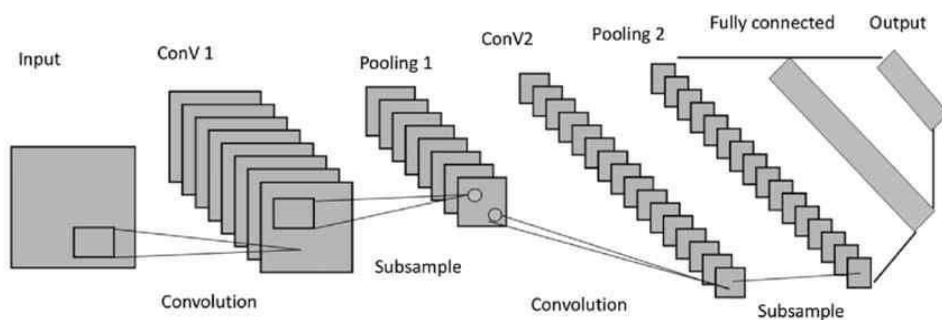
도면21



도면22

Global Euler : (351.6, 71.0, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (200.0, 280.4, 0.0) Quaternion : (152.2, 278.0, 165.0) To Euler		Global Euler : (351.6, 73.8, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (199.2, 283.9, 0.0) Quaternion : (210.2, 59.8, 189.3) To Euler	
Global Euler : (351.6, 159.0, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (215.6, 352.9, 186.6) Quaternion : (149.1, 331.3, 186.4) To Euler		Global Euler : (351.6, 166.3, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (215.1, 354.8, 188.9) Quaternion : (210.3, 26.8, 171.3) To Euler	
Global Euler : (351.6, 258.3, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (198.0, 318.3, 211.4) Quaternion : (165.0, 298.8, 207.8) To Euler		Global Euler : (351.6, 257.9, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (198.1, 318.7, 211.3) Quaternion : (192.0, 73.4, 150.8) To Euler	
Global Euler : (351.6, 336.2, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (185.7, 218.7, 215.7) Quaternion : (173.9, 151.8, 149.0) To Euler		Global Euler : (351.6, 352.9, 338.3) Local Euler : (1.5, 359.6, 341.6) Rotation : (190.8, 193.5, 214.5) Quaternion : (188.2, 198.2, 210.5) To Euler	

도면23



도면24

Layer (type)	Output Shape
conv2d (Conv2D)	(28, 28, 16)
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(14, 14, 16)
dropout (Dropout)	(14, 14, 16)
conv2d_1 (Conv2D)	(12, 12, 64)
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(6, 6, 64)
dropout_1 (Dropout)	(6, 6, 64)
conv2d_2 (Conv2D)	(4, 4, 64)
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(2, 2, 64)
dropout_2 (Dropout)	(2, 2, 64)
flatten (Flatten)	(256)
dense (Dense)	(256)
dropout_3 (Dropout)	(256)
dense_1 (Dense)	(5)

도면25

각도 모션명	0	45	90	135	180	225	270	315	평균 (회)	정확도 (%)
A	30	23	27	27	23	30	21	29	26.25±3.49	87.5
B	30	26	17	22	28	13	21	30	23.37±6.23	77.91
C	27	30	21	22	26	30	24	30	26.25±3.65	87.5
D	30	30	30	30	30	30	30	30	30.00±0.00	100
E	30	29	30	28	30	28	30	30	29.37±0.91	97.91
F	30	30	26	30	30	27	25	30	28.50±2.13	95
G	30	30	24	19	27	27	30	28	26.87±3.79	89.58
H	30	30	28	29	30	30	28	30	29.37±0.91	97.91

도면26

각도 모션명	0	45	90	135	180	225	270	315	평균 (회)	정확도 (%)
A	30	27	18	12	14	20	21	29	21.37±6.75	71.25
B	22	18	17	13	22	13	21	30	19.50±5.58	65
C	19	22	21	14	18	12	24	30	20.00±5.68	66.66
D	30	21	22	22	15	18	30	24	22.75±5.25	75.83
E	30	29	27	22	11	18	30	29	24.50±6.94	81.66
F	30	29	24	17	14	12	25	30	22.62±7.32	75.41
G	30	30	24	19	21	14	30	28	24.50±6.04	81.66
H	30	30	21	24	16	21	28	27	24.62±5.01	82.08

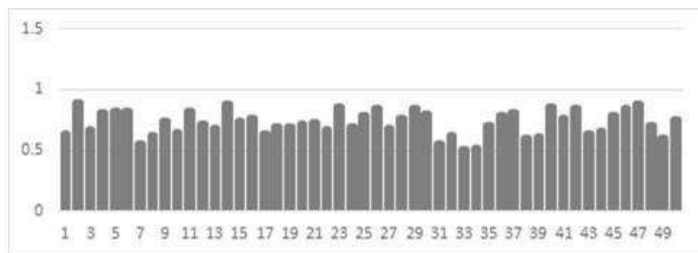
도면27

각도 모션명	A	B	C	D	E	F	G	H	평균 (회)	정확도 (%)
0	30	30	27	30	30	30	30	30	29.62±1.06	98.75
45	23	26	30	30	29	30	30	30	28.50±2.61	95.00
90	27	17	21	30	30	26	24	28	25.37±4.53	84.58
135	27	22	22	30	28	30	19	29	25.87±4.25	86.25
180	23	28	26	30	30	30	27	30	28.00±2.56	93.33
225	30	13	30	30	28	27	27	30	26.87±5.76	89.58
270	21	21	24	30	30	25	30	28	26.12±3.90	87.08
315	29	30	30	30	30	30	28	30	29.62±0.74	98.75

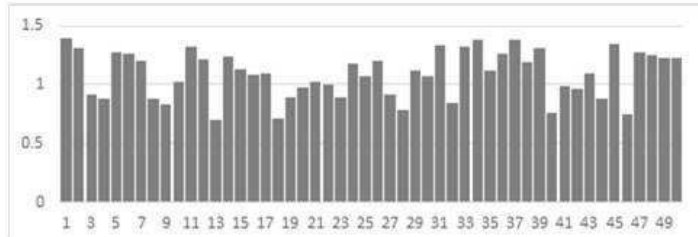
도면28

각도 모션명	A	B	C	D	E	F	G	H	평균 (회)	정확도 (%)
0	30	22	19	30	30	30	30	30	27.62±4.47	92.08
45	27	18	22	21	29	29	30	30	25.75±4.71	85.83
90	18	17	21	22	27	24	24	21	21.75±3.28	72.50
135	12	13	14	22	22	17	19	24	17.87±4.58	59.58
180	14	22	18	15	11	14	21	16	16.37±3.73	54.58
225	20	13	12	18	18	12	14	21	16.00±3.66	53.33
270	21	21	24	30	30	25	30	28	26.12±3.90	87.08
315	29	30	30	24	29	30	28	27	28.37±2.06	94.58

도면29



손 모델 위치 추적 불가시에도 모델 활성화하였을 때 모델 복구에 걸리는 시간



손 모델 위치 추적 불가시 모델 비활성화하였을 때 모델 복구에 걸리는 시간

도면30

	A	C	D	E	F
A	10				
C		10			
D			10		
E				10	
F					10