(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0064515
(43) 공개일자 2024년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/397 (2021.01) *A61B 5/00* (2021.01)
A61B 5/11 (2006.01) *G06N 3/08* (2023.01)
G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/397 (2021.01)
A61B 5/1116 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0100858
(22) 출원일자 2023년08월02일
심사청구일자 2023년08월02일
(30) 우선권주장
1020220146554 2022년11월04일 대한민국(KR)

(71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
주식회사 인텔리고
서울특별시 중랑구 신내역로 111, A동 12층 1201호(신내동, 신내 에스케이브이원센터)
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
홍준표
서울특별시 강남구 선릉로 120 개포1,2차우성아파트 9동
서현석
서울특별시 송파구 잠실로 62 트리지움 337동 2602호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

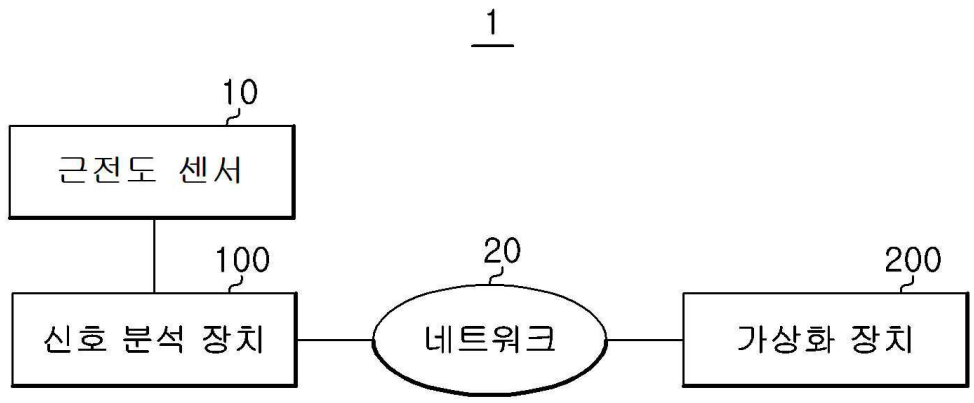
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **확장 현실 기반 재활 치료 시스템, 그 신호 분석 장치 및 가상화 장치, 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법**

(57) 요 약

본 발명은 확장 현실 기반 재활 치료 시스템을 제공하고자 하며, 이러한 시스템은, 피검자의 신체 부위로부터 근전도 신호를 측정하는 근전도 센서; 상기 근전도 센서의 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 신호 분석 장치; 및 상기 동작 판별 결과를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 가상화 처리하여 상기 피검자의 자세 정보를 생성하는 가상화 장치;를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/7203 (2013.01)
A61B 5/7267 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
G16H 50/20 (2018.01)
A61B 2505/09 (2013.01)

(71) 출원인
광운대학교 산학협력단
서울특별시 노원구 광운로 20, 광운대학교 내 (월계동)
재단법인대구경북과학기술원
대구 달성군 현풍읍 테크노중앙대로 333
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자
박창식
서울특별시 강남구 압구정로29길 23 현대아파트
황세원
서울특별시 성동구 아차산로 113 삼진빌딩
조정목
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 서울아산병원 기숙사A803호
정형화
충청남도 청양군 청양읍 청산로 35 장안아파트 101동 702호
김효진
서울특별시 관악구 승방4길 5 힐빌리지오피스텔
이은주
서울특별시 송파구 송파대로43길 3-1 석촌빌라
황주민
경기도 성남시 분당구 분당로 212 샛별마을동성아파트
이상훈
대구광역시 달성군 현풍읍 테크노중앙대로 333 대구경북과학기술원
권순철
서울특별시 노원구 광운로 20 광운대학교
김희준
서울특별시 노원구 광운로 20 광운대학교
심우성
서울특별시 노원구 광운로 20 광운대학교
임규범
서울특별시 노원구 광운로 20 광운대학교

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	9991007357
과제번호	1711174475(KD000158)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	의료공공복지 구현 및 사회문제 해결(과기부)
연구과제명	양측 하지 절단환자 적용 가능한 스마트 전자제어식하지의지 제품 및 핵심부품 국산화 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)휴고다이나믹스
연구기간	2020.09.01 ~ 2025.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

피검자의 신체 부위로부터 측정된 근전도(electromyography, EMG) 신호를 획득하는 신호 획득부; 및

상기 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 동작 판별부;를 포함하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 동작 판별부는 기 학습된 인공신경망을 포함하고,

상기 근전도 신호의 파형 데이터를 상기 인공신경망에 입력하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 인공신경망은 지도 학습(supervised learning) 기반의 학습 모델을 포함하며,

상기 학습 모델은 복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 상기 근전도 신호의 파형 데이터 측정시의 복수의 사람 각각의 신체 동작에 동작 정보를 레이블 데이터로 이용하여 학습되는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 동작 판별부는,

상기 근전도 신호의 파형 데이터를 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하고,

분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 판별용 데이터로 상기 인공신경망에 입력하며,

상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력시키는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 동작 판별부는,

상기 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하고,

취합되는 상기 각각의 확률값의 최대값을 상기 동작 판별 결과로 출력하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 각각의 타임 스텝 구간은 총 64개의 타임 스텝 중 16개의 타임 스텝을 포함하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 근전도 신호의 잡음을 제거하고 정규화를 수행하는 전처리부;를 더 포함하고,

상기 동작 판별부는 상기 전처리부를 통해 전처리된 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 장치.

청구항 8

재활 치료 시스템의 신호 분석 방법에 있어서,

피검자의 신체 부위로부터 측정된 근전도 신호를 획득하는 단계; 및

상기 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 단계;를 포함하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

상기 근전도 신호의 파형 데이터를 기 학습된 인공신경망에 입력하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력하는 단계;를 포함하는

재활 치료 시스템의 신호 분석 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 인공신경망은 지도 학습 기반의 학습 모델을 포함하며,

상기 학습 모델은 상기 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 상기 피검자의 신체 동작에 따른 동작 판별 결과를 레이블 데이터로 이용하여 학습되는

재활 치료 시스템의 신호 분석 방법.

청구항 11

재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법에 있어서,

복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 및 상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 측정시의 각 사람의 신체 동작에 대한 동작 정보를 획득하는 단계; 및

상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 대응되는 상기 동작 정보를 레이블 데이터로 이용하여 동작 판별 대상인 피검자의 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 동작 판별 결과를 출력하도록 인공신경망을 학습시키는 단계;를 포함하는

재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 학습시키는 단계는,

상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터의 타임 스텝을 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하는 단계;

분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 상기 학습용 입력 데이터로 상기 인공신경망에 입력하는 단계; 및

상기 인공신경망을 통해, 상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터에 대한 학습을 수행하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 출력하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계;를 더 포함하는

재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터에 대한 학습을 수행하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 출력하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계는,

상기 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하는 단계; 및

취합되는 상기 각각의 확률값의 최대값을 상기 동작 판별 결과로 출력하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계;를 더 포함하는

재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법.

청구항 14

재활 치료 시스템으로부터 피검자의 근전도 신호에 기초한 신체 절단 부위의 동작을 예측한 판별 결과를 수신하는 통신부;

상기 신체 절단 부위의 절단 전 형상을 갖는 가상의 대체물을 생성하는 가상 대체물 생성부;

상기 판별 결과를 기초로 상기 가상의 대체물의 자세 정보를 생성하는 자세 정보 생성부; 및

상기 자세 정보를 상기 가상의 대체물에 반영하여 확장 현실 기반의 콘텐츠를 출력하는 출력부;를 포함하는

재활 치료 시스템의 가상화 장치.

청구항 15

피검자의 신체 부위로부터 근전도 신호를 측정하는 근전도 센서;

상기 근전도 센서의 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 신호 분석 장치; 및

상기 동작 판별 결과를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 가상화 처리하여 상기 피검자의 자세 정보를 생성하는 가상화 장치;를 포함하는

확장 현실 기반 재활 치료 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 재활 대상자의 재활 치료 및 재활 훈련을 위한 기술과 관련이 있고, 특히 수족 절단 환자용(for amputee) 재활 시스템(rehabilitation system)과 관련이 있다.

배 경 기 술

[0003] 재활 훈련 혹은 치료에 대하여 살펴보면, 넓은 의미에서는 장애를 가진 사람이 가질 수 있는 최적의 신체적, 감각적, 지능적, 심리적, 사회적 수준을 성취하고 유지하려는 노력으로 수행하는 모든 치료를 말한다. 또한 장애가 없더라고 통증이나 일시적 질환, 외상 등으로 인해 환자가 영위하는 삶의 질이 떨어질 때, 이를 회복시키기 위한 모든 치료를 뜻한다.

[0004] 한편, 재활 치료가 가지는 좁은 의미는 치료 중심의 의학과 구분하여 생각할 수 있다. 치료 중심의 의학이 약물이나 수술적 용법을 주로 사용하는 데 반하여, 재활 치료는 신체 기능을 회복, 유지시키기 위해 환자의 활동에 대해 중재를 시행하고 물리적 자극을 이용하여 치료하는 것을 뜻한다.

[0005] 주요한 재활 치료의 예를 살펴보면, 운동 치료와 작업 치료가 있다. 운동 치료는 치료사가 환자의 관절 움직임을 수동적으로 만들어 주거나, 보행을 교육하고 조력하여 환자의 운동 기능이 회복되고 유지될 수 있도록 돕는 것이고, 작업 치료는 일반적인 일상생활 동작을 수행하거나 보상할 수 있도록 연습시키는 것이다.

[0006] 이러한 재활 치료가 효과를 거두기 위해서는, 의사 혹은 치료사가 환자의 재활에 도움이 되는 적합한 치료법을 추천하고, 환자가 이 치료법을 제대로 이행하도록 도와주어야 한다. 하지만, 현재의 재활치료에서는 의료기기를 통해 나타난 환자의 상태에 따라 일반적으로 알려진 운동법을 추천하는 정도만 가능하다.

[0007] 또한, 보행 분석을 통한 재활 시스템의 경우, 환자가 하지에 힘을 주는 방법을 되살려야 하고, 의족을 필수적으로 착용해야 하기 때문에, 공간적, 시간적 제약이 있으며, 의족을 사용할 시에도 환자가 정상적인 근전도 신호를 전달하기 어려운 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제8834169호 (2014년09월16일 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 실시예에서는, 피검자의 신체 부위, 예컨대 하지 절단 부위로부터 근전도(electromyography, EMG) 신호를 획득하여 피검자의 동작을 판별할 수 있는 재활 치료 시스템의 신호 분석 기술을 제안하고자 한다.

[0011] 본 발명의 실시예에서는, 재활 치료 시스템을 통해 분석된 피검자의 동작 판별 결과를 기초로 가상의 대체물, 예컨대 가상 의족을 확장 현실(extended reality, XR) 기반의 콘텐츠 정보로 출력할 수 있는 가상화 기술을 제안하고자 한다.

[0012] 본 발명의 실시예에서는, 피검자의 동작 판별 결과에 대응하는 확장 현실 기반의 콘텐츠를 검사자의 가상화 장치, 예컨대 홀로그램 디바이스와 공유할 수 있는 상호작용 기술을 제안하고자 한다.

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재들로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에 의해 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 피검자의 신체 부위로부터 측정된 근전도(electromyography, EMG) 신호를 획득하는 신호 획득부; 및 상기 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 동작 판별부;를 포함하는 재활 치료 시스템의 신호 분석 장치를 제공할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 동작 판별부는 기 학습된 인공신경망을 포함하고, 상기 근전도 신호의 파형 데이터를 상기 인공신경망에 입력하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 인공신경망은 지도 학습(supervised learning) 기반의 학습 모델을 포함하며, 상기 학습 모델은 복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 상기 근전도 신호의 파형 데이터 측정시의 복수의 사람 각각의 신체 동작에 대한 동작 정보를 레이블 데이터로 이용하여 학습될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 동작 판별부는, 상기 근전도 신호의 파형 데이터를 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하고, 분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 판별용 데이터로 상기 인공신경망에 입력하며, 상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력시킬 수 있다.

[0019] 또한, 상기 동작 판별부는, 상기 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하고, 취합되는 상기 각각의 확률값의 최대값을 상기 동작 판별 결과로 출력할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 각각의 타임 스텝 구간은 총 64개의 타임 스텝 중 16개의 타임 스텝을 포함할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 근전도 신호의 잡음을 제거하고 정규화를 수행하는 전처리부;를 더 포함하고, 상기 동작 판별부는 상기 전처리부를 통해 전처리된 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 동작 판별부의 상기 동작 판별 결과를 상기 재활 치료 시스템의 가상화 장치로 전송하는 통신부;를 더 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 재활 치료 시스템의 신호 분석 방법에 있어서, 피검자의 신체 부위로부터 측정된 근전도 신호를 획득하는 단계; 및 상기 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 단계;를 포함하는 재활 치료 시스템의 신호 분석 방법을 제공할 수 있다.

[0024] 여기서, 상기 생성하는 단계는, 상기 근전도 신호의 파형 데이터를 기 학습된 인공신경망에 입력하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 인공신경망은 지도 학습 기반의 학습 모델을 포함하며, 상기 학습 모델은 복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 상기 근전도 신호의 파형 데이터

측정시의 복수의 사람 각각의 신체 동작에 대한 동작 정보를 레이블 데이터로 이용하여 학습될 수 있다.

[0026] 또한, 상기 출력하는 단계는, 상기 근전도 신호의 파형 데이터를 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하는 단계; 분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 판별용 데이터로 상기 인공신경망에 입력하는 단계; 및 상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 상기 인공신경망을 통해 출력시키는 단계;를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 출력하는 단계는, 상기 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하는 단계; 및 취합되는 상기 각각의 확률값의 최대값을 상기 동작 판별 결과로 출력하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 각각의 타임 스텝 구간은 총 64개의 타임 스텝 중 16개의 타임 스텝을 포함할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 근전도 신호의 잡음을 제거하고 정규화를 수행하는 전처리 단계;를 더 포함하고, 상기 생성하는 단계는, 상기 전처리 단계를 통해 전처리된 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따르면, 재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법에 있어서, 복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 및 상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 측정시의 각 사람의 신체 동작에 대한 동작정보를 획득하는 단계; 및 상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 대응되는 상기 동작정보를 레이블 데이터로 이용하여 동작 판별 대상인 피검자의 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 동작 판별 결과를 출력하도록 인공신경망을 학습시키는 단계;를 포함하는 재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법을 제공할 수 있다.

[0031] 여기서, 상기 학습시키는 단계는, 상기 근전도 신호의 파형 데이터의 타임 스텝을 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하는 단계; 분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 상기 인공신경망에 입력하는 단계; 및 상기 인공신경망을 통해, 상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터에 대한 학습을 수행하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 출력하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0032] 또한, 상기 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터에 대한 학습을 수행하여 상기 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 상기 동작 판별 결과를 출력하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계는, 상기 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하는 단계; 및 취합되는 상기 각각의 확률값의 최대값을 상기 동작 판별 결과로 출력하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0033] 또한, 상기 각각의 타임 스텝 구간은 총 64개의 타임 스텝 중 16개의 타임 스텝을 포함할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 근전도 신호의 잡음을 제거하고 정규화를 수행하는 전처리 단계;를 더 포함하고, 상기 학습시키는 단계는, 상기 전처리 단계를 통해 전처리된 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 예측하도록 상기 인공신경망을 학습시키는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따르면, 재활 치료 시스템으로부터 피검자의 근전도 신호에 기초한 신체 절단 부위의 동작을 예측한 판별 결과를 수신하는 통신부; 상기 신체 절단 부위의 절단 전 형상을 갖는 가상의 대체물을 생성하는 가상 대체물 생성부; 상기 판별 결과를 기초로 상기 가상의 대체물의 자세 정보를 생성하는 자세 정보 생성부; 및 상기 자세 정보를 상기 가상의 대체물에 반영하여 확장 현실 기반의 콘텐츠를 출력하는 출력부;를 포함하는 재활 치료 시스템의 가상화 장치를 포함할 수 있다.

[0036] 여기서, 상기 가상의 대체물은 가상 의수 또는 가상 의족을 포함할 수 있다.

[0037] 또한, 상기 가상화 장치는, 상기 확장 현실 기반의 콘텐츠를 검사자의 가상화 장치와 공유하도록 제어하는 상호작용부;를 더 포함할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 판별 결과는 상기 피검자의 하지(lower limbs) 의도(intention)를 예측한 결과일 수 있다.

[0039] 본 발명의 실시예에 따르면, 피검자의 신체 부위로부터 근전도 신호를 측정하는 근전도 센서; 상기 근전도 센서의 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 신호 분석 장치; 및 상기 동작 판별 결과를 기초로 상기 피검자의 신체 동작을 가상화 처리하여 상기 피검자의 자세 정보를 생성하는 가상화 장치;를 포함하는 확장 현실 기반 재활 치료 시스템을 제공할 수 있다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따르면, 컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서, 상기 컴퓨터 프

로그램은, 재활 치료 시스템의 신호 분석 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고, 상기 방법은, 피검자의 신체 부위로부터 측정된 근전도 신호를 획득하는 단계; 및 상기 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0041] 본 발명의 실시예에 따르면, 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 재활 치료 시스템의 재활 치료용 신호 분석을 위한 학습 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고, 상기 방법은, 복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 및 상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 측정시의 각 사람의 신체 동작에 대한 동작정보를 획득하는 단계; 및 상기 복수의 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 대응되는 상기 동작정보를 레이블 데이터로 이용하여 동작 판별 대상인 피검자의 근전도 신호를 기초로 상기 피검자의 동작 판별 결과를 출력하도록 인공신경망을 학습시키는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0043] 본 발명의 실시예에 의하면, 피검자의 다양한 동작 제작 및 분석을 통해 피검자의 보행 재활과 실제 생활에 필요한 다양한 재활 동작의 재활 치료를 진행할 수 있으며, 그에 따른 실질적이고 체계적인 근육 및 신경의 회복이 가능하다. 또한, 가상현실 기반의 재활 치료를 통해 재활 동기를 부여해 주며, 가상 환경 상에서 피검자가 신체 절단 부위에 힘을 주는 방법을 되살리는 과정을 통해 기존 재활 시스템을 적용하기 전에 사전 근육의 움직임과 신경을 사용하는 방법에 대한 재활 환경을 미리 적용해 볼 수 있다. 또한, 피검자와 검사자가 서로 다른 공간에서 원격으로 접속 및 재활이 가능하기 때문에 공간적/시간적 제약을 최소화할 수 있다. 또한, 가상환경 기반의 재활은 재활 훈련 시 검사자가 재활 프로그램의 결과를 신속하게 평가할 수 있으며, 재활을 체계적으로 맞춤화할 수 있다. 또한, 피검자가 의족을 작용한 상태에서도 근전도 신호의 분석 및 연동이 가능하여 실제 재활과 가상 재활을 동시에 병행할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 기능을 설명하는 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 신호 분석 장치의 기능을 설명하는 도면으로서, 예컨대 도 1의 신호 분석 장치(100)의 구체적인 기능을 설명하기 위한 블록도이다.

도 3은 도 2의 동작 판별부(130)에 포함되는 학습 모델(132)을 통해 피검자의 신체 동작 판별 결과를 출력하도록 학습하는 과정을 예시적으로 설명하기 위한 블록도이다.

도 4는 도 3의 학습 모델(132)을 통해 피검자의 신체 동작 판별 결과를 출력하는 과정을 예시적으로 설명하기 위한 블록도이다.

도 5는 도 3 및 도 4의 학습 모델(132)을 통해 피검자의 신체 동작을 예측하거나 신체 동작을 예측하도록 학습하는 과정을 예시적으로 설명하는 타임 스텝(time-step) 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 가상화 장치의 기능을 설명하는 도면으로서, 예컨대 도 1의 가상화 장치(200)의 구체적인 기능을 설명하기 위한 블록도이다.

도 7은 도 1의 신호 획득부(110)를 통해 획득되는 피검자, 예컨대 하지 절단 환자의 근전도 신호를 예시적으로 설명하는 파형 그래프이다.

도 8은 도 3 및 도 4의 학습 모델(132)의 학습 수행 시의 정확도와 손실률을 예시적으로 설명하는 수렴 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)을 통해 피검자가 재활 훈련을 수행하는 시뮬레이션 환경, 예를 들어 피검자의 동적 동작과 정적 상태를 구분하여 피검자의 동작을 판별하는 경우를 예시적으로 설명하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)을 통해 피검자가 재활 훈련을 수행하는 시뮬레이션 환경, 예를 들어 피검자의 발목 각도를 구분하여 피검자의 동작을 판별하는 경우를 예시적으로 설명하는 도면이

다.

도 11 내지 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)을 통해 피검자의 관절 정점 움직임 수치를 예시적으로 표현한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명의 범주는 청구항에 의해 정의될 뿐이다.

[0047] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어 실제로 필요한 경우 외에는 생략될 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0048] 본 발명의 실시예에서는, 피검자의 신체 부위, 예컨대 하지 절단 부위로부터 근전도(electromyography, EMG) 신호를 획득하여 피검자의 동작을 판별할 수 있는 재활 치료 시스템의 신호 분석 기술과, 재활 치료 시스템을 통해 분석된 피검자의 동작 판별 결과를 기초로 가상의 대체물, 예컨대 가상 의족을 확장 현실(extended reality, XR) 기반의 콘텐츠 정보로 출력할 수 있는 가상화 기술을 제안하고자 한다. 또한, 본 발명의 실시예에서는, 피검자의 동작 판별 결과에 대응하는 확장 현실 기반의 콘텐츠를 검사자의 가상화 장치, 예컨대 홀로그램 디바이스와 공유할 수 있는 상호작용 기술을 제안하고자 한다. 본 발명의 실시예에 따른 확장 현실 기반의 재활 치료 시스템은 피검자가 대체물, 예컨대 의족을 착용한 경우와 의족을 착용하지 않은 경우 모두에 적용이 가능하다.

[0050] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0051] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 기능을 설명하는 블록도이다.

[0052] 도 1에 도시한 바와 같이, 재활 치료 시스템(1)은 근전도 센서(10), 네트워크(20), 신호 분석 장치(100) 및 가상화 장치(200)를 포함할 수 있다.

[0053] 근전도 센서(10)는 피검자의 신체 부위로부터 근전도 신호를 측정할 수 있다. 이러한 근전도 센서(10)는 근전기 특성을 이용하여 근육의 운동을 감지하는 센서로서, 피검자의 신체 부위, 예를 들어 피검자의 신체 절단 부위에 전극을 설치하고 양단 전극의 전위차이를 감지하여 근육 내부에서 발생하는 전기적 활동을 기록할 수 있다.

[0054] 신호 분석 장치(100)는 근전도 센서(10)의 근전도 신호를 기초로 피검자의 신체 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성할 수 있다. 이러한 신호 분석 장치(100)에 대해서는 후술하는 도 2 내지 도 5에서 보다 상세히 다루기로 한다.

[0055] 가상화 장치(200)는 신호 분석 장치(100)의 동작 판별 결과를 기초로 피검자의 신체 동작을 가상화 처리하여 피검자의 자세 정보를 생성할 수 있다. 이러한 가상화 장치(200)에 대해서는 후술하는 도 6 내지 도 14에서 보다 상세히 다루기로 한다.

[0056] 신호 분석 장치(100)와 가상화 장치(200)는 네트워크(20)를 통해 서로 연결될 수 있으며, 네트워크(20)를 통해 신호 분석 장치(100)의 동작 판별 결과가 가상화 장치(200)로 전송될 수 있다. 여기서, 네트워크(20)는, 예를 들어 TCP(transmission control protocol) 방식으로 연결되는 네트워크를 포함할 수 있으며, TCP 방식의 네트워크는, 예를 들어 블루투스, 와이파이 등의 근거리 네트워크, 유무선 인터넷 등의 광대역 네트워크를 포함할 수 있다. 물론, 본 발명의 실시예에서 네트워크(20)는 특정 통신 방식에 한정될 필요는 없다.

[0058] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 신호 분석 장치의 기능을 설명하는 도면으로서, 예컨대 도 1의 신호 분석 장치(100)의 구체적인 기능을 설명하기 위한 블록도이다.

[0059] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 신호 분석 장치(100)는 신호 획득부

(110), 전처리부(120), 동작 판별부(130) 및 통신부(140)를 포함할 수 있다.

[0060] 신호 획득부(110)는 근전도 센서(10)를 통해 측정된 근전도 신호, 즉 피검자의 신체 특정 부위로부터 측정된 근전도 신호, 예를 들어 1채널의 표면 근전도 신호를 획득할 수 있다. 이러한 신호 획득부(110)는, 예를 들어 재활 치료 시스템(1)의 UI(user interface) 기반의 입력 장치(도시 생략됨)를 포함할 수 있다.

[0061] 전처리부(120)는 신호 획득부(110)를 통해 획득되는 근전도 신호의 잡음을 제거하고 정규화를 수행할 수 있다. 이를 위해 전처리부(120)는, 예를 들어 1KHz의 샘플링 속도로 근전도 신호를 증폭하는 증폭부, 획득된 근전도 신호에 대해 6Hz의 노치 필터를 적용하여 전력 잡음을 제거하는 필터부 등을 포함할 수 있다.

[0062] 이러한 신호 획득부(110)와 전처리부(120)는, 예를 들어 하지 절단 환자의 절단 부위에 전극을 부착하여 획득된 신호를 분석하고, 획득된 신호를 임곗값을 통해 정적과 동적 상태로 분류할 수 있다. 임곗값보다 세기가 강한 신호는 '동적'으로 분류될 수 있고, 임곗값보다 세기가 약한 신호는 '정적'으로 분류될 수 있다. 다음 [수학식 1]은 하지 절단 환자마다 설정되는 임곗값을 나타낸 수식이다.

수학식 1

[0063] $$Threshold = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}} \times r$$

[0064] [수학식 1]에서 n은 전체 신호 데이터의 길이, x_i는 근전도 센서(10)에서 감지된 근전도 신호값, $\bar{x}$는 근전도 신호의 평균값을 각각 나타낸다. 임곗값은 원시 근전도 신호 평균의 표준편차 값에 r=20을 곱하여 설정될 수 있다.

[0065] 신호 획득부(110)를 통해 획득된 근전도 신호, 전처리부(120)에서 전처리된 신호는 후술하는 동작 판별부(130)로 제공될 수 있다. 물론, 본 발명의 실시예에서 전처리부(120)는 필수 구성요소는 아니며, 필요에 따라 전처리부(120) 없이 신호 획득부(110)의 근전도 신호를 원시 신호 데이터로 하여 동작 판별부(130)로 제공될 수도 있다.

[0066] 동작 판별부(130)는 신호 획득부(110)를 통해 획득되는 근전도 신호 또는 전처리부(120)에서 전처리된 근전도 신호를 기초로, 피검자의 신체 특정 부위, 예를 들어 하지 절단 환자의 하지 절단 부위에서의 신체 동작을 예측하여 동작 판별 결과를 생성할 수 있다.

[0067] 통신부(140)는 동작 판별부(130)의 동작 판별 결과를 네트워크(20)를 통해 재활 치료 시스템(1)의 가상화 장치(200)로 전송할 수 있다. 이러한 통신부(140)는 TCP 방식의 통신 장치를 포함할 수 있다.

[0068] 한편, 동작 판별부(130)는 도시 생략된 마이크로프로세서(microprocessor), 메모리(memory) 등을 포함할 수 있으며, 메모리에는 본 발명의 실시예에 따라 피검자의 신체 동작 판별 결과를 출력하거나 신체 동작 판별 결과를 출력하도록 학습되는 인공신경망(artificial neural network)을 포함할 수 있다. 인공신경망은 동작 판별부(130) 내의 특정 프로그램, 예를 들어 재활 치료 프로그램 형태로 메모리에 저장될 수 있고, 인공신경망의 학습 또는 예측 동작은 마이크로프로세서에 의해 재활 치료 프로그램이 메모리로부터 로드됨으로써 수행될 수 있다. 메모리는 ROM(read only memory), RAM(random access memory) 등을 포함할 수 있고, 특정 저장 수단을 한정하지는 않는다.

[0069] 이에 따라 동작 판별부(130)는 복수의 근전도 신호의 파형 데이터를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 대응되는 동작 정보를 레이블 데이터로 이용하여 동작 판별 대상인 피검자의 근전도 신호를 기초로 피검자의 동작 판별 결과를 출력하도록 인공신경망을 학습시키거나, 근전도 신호의 파형 데이터를 인공신경망에 입력하여 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 동작 판별 결과를 인공신경망을 통해 출력할 수 있다.

[0070] 여기서, 동작 판별부(130) 내의 인공신경망은, 예를 들어 지도 학습(supervised learning) 기반의 딥러닝(deep learning) 모델을 포함할 수 있다. 이러한 딥러닝 모델로는 신호처리 분야에서 사용되는 RNN(recurrent neural network) 모델을 기반으로 구성할 수 있다. RNN 모델은 1차원 데이터를 처리하는데 유리하며, CNN(convolution neural network) 모델은 1차원 및 2차원 데이터를 처리할 수 있으나, RNN 모델에 비해 무거운 단점이 있다. RNN 모델은 순차적이고 반복적인 데이터 분석에 탁월한 성능을 보이는 모델이다. 제안하는 모델은 RNN 모델의 레이어(layer) 중에 LSTM(long short-term memory) 계층과 FC(fully connected) 계층으로 구성하였다. 또한, 신호

의 순차적 흐름뿐만 아니라 역방향 흐름을 학습하기 위해 양방향(bidirectional) 학습 기법을 사용하였다.

[0071] 딥러닝 모델의 입력은 원시 신호를 사용하였으며, 데이터 구축 과정에서는 각 필터링 기법으로 전처리된 데이터와 함께 획득하였다. 필터링 기법을 사용하면 근전도 신호의 미세한 변화가 잡음으로 판단되어 일부 신호가 제거될 수 있다. 따라서, 딥러닝 모델에는 필터링 기법을 사용하지 않은 원시 신호 데이터를 입력으로 사용하여 학습을 진행하였다. 딥러닝 모델의 구조는 크게 3가지로 구분된다. 첫 번째로, 입력을 완전 연결 계층으로 전체적인 순차흐름을 정제하는 과정이 있다. 다음으로, LSTM 계층과 드롭아웃(dropout)으로 근전도 신호의 주요 특징을 앞뒤 상호 관계에 따라 정제하는 과정이 있다.

[0072] 양방향 LSTM 모델의 레이어에서 각 계층마다 들어가는 파라미터의 입력 개수는, 예를 들어 108,422개이며, 초당 65,000Hz까지 원시 신호의 실시간 예측이 가능하다. 실험에 사용된 딥러닝 모델의 하이퍼 파라미터는 아래 [표 1]과 같이 예시될 수 있다. 훈련 매개변수의 경우 옵티마이저는 Adam, epoch는 100, 배치 크기는 200으로 설정했다. 훈련 및 추론할 데이터의 길이는 64로 설정했다. initial learning rate는 0.005이며, scheduler는 polynomial decay를 사용하였다. 드롭아웃은 0.5이다.

표 1

[0073]

Parameter	Value
Epoch	100
Batch Size	200
Optimizer	Adam
Initial Learning Rate	0.005
Scheduler	Polynomial Decay
Dropout	0.5

[0075] 도 3은 도 2의 동작 판별부(130)에 포함되는 학습 모델(132)을 통해 피검자의 신체 동작 판별 결과를 출력하도록 학습하는 과정을 예시적으로 설명하기 위한 블록도이다.

[0076] 도 3에 도시한 바와 같이, 학습 모델(132)은 복수의 사람의 신체 부위로부터 측정된 복수의 근전도 신호의 파형 데이터(X) 및 복수의 근전도 신호의 파형 데이터 측정시의 각 사람의 신체 동작에 대한 동작 정보를 획득하고, 복수의 근전도 신호의 파형 데이터(X)를 학습용 입력 데이터로 이용하고, 대응되는 동작 정보를 레이블 데이터(y)로 이용하여 동작 판별 대상인 피검자의 근전도 신호를 기초로 피검자의 동작 판별 결과($\hat{y}$)를 출력하도록 학습 모델을 학습시킬 수 있다.

[0077] 여기서, 동작 판별부(130)은, 근전도 신호의 파형 데이터(X)의 타임 스텝을 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하고, 분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터(X)를 학습용 입력 데이터로 학습 모델(132)에 입력하며, 학습 모델(132)을 통해, 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터(X)에 대한 학습을 수행하여 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 동작 판별 결과($\hat{y}$)를 출력하도록 학습 모델(132)을 학습시킬 수 있다.

[0078] 또한, 동작 판별부(130)는 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하고, 취합되는 각각의 확률값의 최대값을 동작 판별 결과($\hat{y}$)로 출력하도록 학습 모델(132)을 학습시킬 수 있다.

[0079] 여기서, 동작 판별부(130)은, 근전도 신호의 파형 데이터(X)의 타임 스텝을 기 설정 개수의 타입 스텝 구간으로 분할하고, 분할된 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터(X)를 판별용 데이터로 학습 모델(132)에 입력하며, 각각의 타입 스텝 구간별 파형 데이터(X)를 기초로 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 동작 판별 결과($\hat{y}$)를 학습 모델(132)을 통해 출력시킬 수 있다.

[0081] 도 4는 도 3의 학습 모델(132)을 통해 피검자의 신체 동작 판별 결과를 출력하는 과정을 예시적으로 설명하기

위한 블록도이다.

[0082] 도 4에 도시한 바와 같이, 동작 판별부(130)는 근전도 신호의 파형 데이터(X)를 기 학습된 학습 모델(132)에 입력하여 피검자의 신체 동작을 예측하기 위한 동작 판별 결과($\hat{y}$)를 학습 모델(132)을 통해 출력할 수 있다.

[0083] 또한, 동작 판별부(130)는 각각의 타임 스텝 구간별 예측 결과에 대한 각각의 확률값을 취합하고, 취합되는 각각의 확률값의 최대값을 동작 판별 결과($\hat{y}$)로 출력할 수 있다.

[0085] 도 5는 도 3 및 도 4의 학습 모델(132)을 통해 피검자의 신체 동작을 예측하거나 신체 동작을 예측하도록 학습하는 과정을 예시적으로 설명하는 타임 스텝(time-step) 그래프이다.

[0086] 본 발명의 실시예에 따른 학습 과정은, 각각 정제된 특징을 요소합하여 소프트맥스(softmax)를 통해 근전도 신호의 정적 상태와 동적 상태를 구분하는 과정을 포함할 수 있다. 이와 같은 구조를 통해 근전도 신호의 양방향 학습 값과 순방향 학습 값을 합하였다. 순방향 특징에 가중된 양방향 특징으로 근전도 신호에서 동적 상태를 검출하는 구조를 제안하였다.

[0087] 도 5는 이에 따른 동작 인식 방법을 나타낸다. 근전도 신호의 파형으로부터 근육 활성 상태와 비활성 상태를 분류할 때 일반적으로 타임 스텝 64의 길이로 레이블링을 진행한다. 본 발명의 실시예에서는 이러한 타임 스텝 64를 4단계로 나눠서 16 스트라이드(stride) 만큼의 동작 상태를 인식하는 것을 특징으로 한다. 따라서, 본 발명의 실시예에 의하면, 기존의 동작 인식 기법에 비해 4배의 측정 기간이 늘어나기 때문에 정확한 검출이 가능하다.

[0089] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)의 가상화 장치의 기능을 설명하는 도면으로서, 예컨대 도 1의 가상화 장치(200)의 구체적인 기능을 설명하기 위한 블록도이다. 가상화 장치(200)는, 예를 들어 HMD(head mounted display) 기반의 홀로그램 디바이스를 포함할 수 있으며, 특정 디바이스에 한정될 필요는 없다.

[0090] 도 6에 도시한 바와 같이, 재활 치료 시스템(1)의 가상화 장치(200)는 통신부(210), 가상 대체물 생성부(220), 자세 정보 생성부(230), 출력부(240) 및 상호 작용부(250)를 포함할 수 있다.

[0091] 통신부(210)는 재활 치료 시스템(1)의 신호 분석 장치(100)로부터 피검자의 근전도 신호에 기초한 신체 절단 부위의 동작을 예측한 판별 결과를 수신할 수 있다. 이러한 판별 결과는 앞서 신호 분석 장치(100)의 설명에서 전술한 바와 같으며, 본 발명의 실시예에서는 피검자의 하지(lower limbs) 의도(intention)를 예측한 결과일 수 있다.

[0092] 이때, 통신부(210)는 TCP 방식의 통신 장치를 포함할 수 있으며, 네트워크(20)를 통해 신호 분석 장치(100)와 연결되어 판별 결과를 수신할 수 있다.

[0093] 가상 대체물 생성부(220)는 피검자의 신체 특정 부위, 예를 들어 신체 절단 환자의 신체 절단 부위의 절단 전 형상을 갖는 가상의 대체물, 예를 들어 가상 의족 또는 가상 의수를 생성할 수 있다. 이러한 가상 대체물의 생성을 위해서는 신체 절단 환자의 자세 정보, 움직임 정보 등을 모델링하기 위한 리깅(rigging) 작업이 부가될 수 있다.

[0094] 자세 정보 생성부(230)는 통신부(210)를 통해 수신한 피검자의 실체 절단 부위의 동작을 예측한 판별 결과를 기초로, 가상의 대체물의 자세 정보를 생성할 수 있다.

[0095] 출력부(240)는 자세 정보 생성부(230)에서 생성된 자세 정보를 가상의 대체물에 반영하여 확장 현실 기반의 콘텐츠를 출력할 수 있다.

[0096] 상호 작용부(250)는 출력부(240)를 통해 출력되는 확장 현실 기반의 콘텐츠를 피검자가 아닌 검사자의 가상화 장치와 공유하도록 제어할 수 있다. 이러한 상호 작용부(250)는, 예를 들어 블루투스, 와이파이 등의 근거리 네트워크, 유무선 인터넷 등의 광대역 네트워크를 포함할 수 있으며, 별도의 UI 환경을 더 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 피검자와 검사자가 서로 다른 공간에서 확장 현실 기반의 콘텐츠를 공유하도록 함으로써, 재활 치료 시스템의 공간적, 시간적 제약을 최소화하도록 구현할 수 있다.

[0098] 도 7은 도 1의 신호 획득부(110)를 통해 획득되는 피검자, 예컨대 하지 절단 환자의 근전도 신호를 예시적으로 설명하는 파형 그래프이다.

[0099] 도 7에 예시한 바와 같이, 근육 움직임 신호가 존재할 때 임계값을 통해 동작 파형이 출력될 수 있다. 근육 신호는 절단 환자의 나이와 절단 상태에 따라 편차가 존재할 수 있다. 또한, 입력하는 신호 세기에 따라서도 편차가 발생할 수 있다. 근전도 신호의 진폭은 주기적인 진동이 존재할 때 중심으로부터 최대로 움직인 거리를 나타낸다.

[0101] 도 8은 도 3 및 도 4의 학습 모델(132)의 학습 수행 시의 정확도와 손실률을 예시적으로 설명하는 수렴 그래프이다. 이때의 학습 모델(132)은, 예를 들어 양방향 LSTM 모델이 적용될 수 있다.

[0102] 도 8의 좌측 그래프는 학습 정확도를 나타내고 있으며, 우측 그래프는 학습 손실률을 각각 나타내고 있다. 이러한 학습 정확도와 학습 손실률은 아래 [표 2]와 같이 예시될 수 있다.

표 2

[0103]

정확도	92.43%
손실률	0.405%
추론 시간	0.98ms

[0104] [표 2]에서와 같이, 본 발명의 실시예에서 제안하는 딥러닝 모델의 검출 정확도는 92.43%, 손실률 0.405% 그리고 추론 시간 0.98ms의 결과를 보였다. 학습 결과는 '정적'과 '동적' 상태 모두 검출되었다.

[0106] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)을 통해 피검자가 재활 훈련을 수행하는 시뮬레이션 환경, 예를 들어 피검자의 동적 동작과 정적 상태를 구분하여 피검자의 동작을 판별하는 경우를 예시적으로 설명하는 도면이다.

[0107] 도 9에 나타난 절단 환자의 동작은 '발목 올리기'와 '발목 내리기'로 구성될 수 있다. 시뮬레이션 동안 근전도 센서에서 얻은 신호는 라즈베리 파이로 전송되고 신호 처리가 진행될 수 있다. 근전도 신호는 획득 시 많은 잡음을 발생시키며, 신호를 움직임 또는 하지 절단 부위로부터 움직임이 존재하지 않음으로 해석하는 데 사용될 수 있다.

[0108] 이러한 근전도 신호는 유니티 엔진으로 전송될 수 있으며, 이 신호를 기반으로 시뮬레이션은 도 9와 같이 신호에 따라 3D 모델을 이동한다. 신호 수신은 신호가 있는 경우 동적 동작을 나타낸다. 신호 대기는 움직임 신호가 감지되지 않을 때 3D 모델의 정적 상태를 나타낸다. 따라서, 도 9에서 3D 모델의 발 부분이 굵게 처리된 부분이면 근전도 신호가 존재하기 때문에 동적인 상태이고, 발 부분이 굵게 처리되지 않은 부분이면 신호가 없으므로 고정된 상태를 의미한다. 위의 움직임과 알고리즘을 기반으로 혼합 현실 재활 치료 시스템이 구현될 수 있다.

[0110] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)을 통해 피검자가 재활 훈련을 수행하는 시뮬레이션 환경, 예를 들어 피검자의 발목 각도를 구분하여 피검자의 동작을 판별하는 경우를 예시적으로 설명하는 도면이다.

[0111] 재활 치료 시스템의 두 가지 기본 동작은 절단 환자가 로봇 의족을 착용하기 전에 수행해야 하는 동작을 기반으로 생성될 수 있다. 도 10의 (a)는 피검자의 발목 움직임을 측정한 것이고, (b)는 기본 상태(정지 상태)를, (c)는 발목 내림 동작을, (d)는 발목 올림 동작을 각각 나타내고 있다.

[0112] 홀로그램 디바이스에서 객체를 월드 좌표계에 배치하는 형식은 6 DoF(degrees of freedom)를 유니티와 홀로그램 디바이스 상에서 계산되어 혼합 현실 환경에 배치될 수 있다. 기기 사용자를 위한 3D 모델의 6 DoF 실제 적용식

은 다음과 같다.

[0113] 먼저, 아래 [수학식 2]는 6 DoF의 회전값이다. 피치, 롤, 요에 대한 방정식은 행렬값이며, x축의 회전 행렬로 정의된다.

수학식 2

[0114] $$R_x(\psi)=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\psi & -\sin\psi\\ -\sin\psi & 0 & \cos\psi\end{bmatrix}$$

[0115] 회전의 y축과 z축은 다음 [수학식 3] 및 [수학식 4]와 같이 정의될 수 있다.

수학식 3

[0116] $$R_y(\theta)=\begin{bmatrix}\cos\theta & 0 & \sin\theta\\ 0 & 1 & 0\\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta\end{bmatrix}$$

수학식 4

[0117] $$R_z(\phi)=\begin{bmatrix}\cos\phi & -\sin\phi & 0\\ \sin\phi & \cos\phi & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

[0118] [수학식 3] 및 [수학식 4]에서 ψ, θ, 및 ϕ는 오일러 각이며, 이들 식을 조합하면 6 DoF 계산 중 하나인 좌표 이동량을 구할 수 있다.

[0119] 또한, 아래 [수학식 5]와 같은 행렬은 각 원축을 중심으로 3번 회전한 차수로 생각할 수 있다. 먼저, 모델 로컬 좌표의 x축을 중심으로 회전한 다음 y축을 중심으로 회전한다. z축을 중심으로 회전할 때의 회전값은 일련의 회전 행렬 곱으로 나타낸다.

수학식 5

[0120] $$R = R_x(\psi)R_y(\theta)R_z(\phi)$$
$$=\begin{bmatrix}\cos\theta\cos\phi & \sin\psi\sin\theta\cos\phi-\cos\psi\sin\phi & \cos\psi\sin\theta\cos\phi-\sin\psi\sin\phi\\ \cos\theta\sin\phi & \sin\psi\sin\theta\sin\phi+\cos\psi\cos\phi & \cos\psi\sin\theta\sin\phi-\sin\psi\cos\phi\\ -\sin\phi & \sin\psi\cos\theta & \cos\psi\cos\theta\end{bmatrix}$$

[0121] 회전 행렬 R이 주어지면 각 요소와 행렬 곱 $R_x(\psi)$, $R_y(\theta)$, $R_z(\phi)$, 및 해당 요소를 균등화하여 오일러 각(ψ, θ, ϕ)를 계산하여 의족의 위치를 결정할 수 있다. 이 공식은 오일러 각도를 찾고 홀로그램 디바이스에서 인스턴스화된 가상 의족 위치를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0123] 재활 시뮬레이션 시험에서는 총 4개 부분의 관절 정점 움직임 값을 측정하여 시각화하였다. 본 실험에서 측정한 결과는 일반인 1명의 발목과 무릎 움직임의 최댓값과 최솟값을 기반으로 한 재활운동 분할의 기준이다. 이 결과에서 측정된 기준은 실제 혼합현실 재활 시뮬레이션 시스템에서 움직임 애니메이션을 제작할 때 사용될 수 있다.

[0124] 도 11 내지 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 재활 치료 시스템(1)을 통해 피검자의 관절 정점 움직임 수치를 예시적으로 표현한 그래프이다.

[0125] 먼저, 도 11은 피검자의 왼쪽 발목의 정점 움직임 수치를 나타낸 그래프, 도 12는 피검자의 오른쪽 발목의 정점 움직임 수치를 나타낸 그래프, 도 13은 피검자의 왼쪽 발의 정점 움직임 수치를 나타낸 그래프, 도 14는 피검자

의 오른쪽 발의 정점 움직임 수치를 나타낸 그래프를 각각 나타낸다.

[0126] 먼저, Azure Kinect를 사용하여 모션 트래킹을 유니티에서 진행하였다. 추출 가능한 32개의 관절 정보 중 하퇴와 대퇴 재활에 사용되는 관절의 월드 좌표계 값을 구하여 최대 최소로 분류하였다.

[0127] 도 11 내지 도 14의 모든 움직임은 동일한 움직임으로 측정되었다. 시작점은 관절 움직임의 시작을 위한 좌표이다. 'Ankle Up' 동작의 가장 높은 지점은 최대 좌표로 확인할 수 있다. 반대로 최소 좌표값은 'Ankle Down' 동작의 최소 로컬 좌표를 측정하여 계산하였다. 관절 움직임의 최댓값과 최소값을 벡터 연산하여 변동범위를 측정하였다. 아래의 [수학식 6] 및 [수학식 7]은 벡터 연산을 하여 변동범위를 구하는 수식이다.

수학식 6

[0128] $$Max\{Vec(x_1, y_1, z_1)\} - StartPoint\{Vec(x_2, y_2, z_2)\} = Fluctuation\ Range\{Vec(x_1 - x_2, y_1 - y_2, z_1 - z_2)\}$$

수학식 7

[0129] $$StartPoint\{Vec(x_1, y_1, z_1)\} - Min\{Vec(x_2, y_2, z_2)\} = Fluctuation\ Range\{Vec(x_1 - x_2, y_1 - y_2, z_1 - z_2)\}$$

[0130] Azure Kinect로부터 측정된 $Vec(x_1, y_1, z_1)$ 의 좌표로부터 $Vec(x_2, y_2, z_2)$의 관절 정점 시작 좌표의 차이로 변동범위가 측정된다. 나타난 변동 사이의 값을 이용하여, 구체적인 재활 시뮬레이션 시스템을 구축할 수 있다.

[0131] 아래 [표 3]에서는 4개의 관절 좌표의 최대값과 최소값을 측정하였다.

표 3

(unit: m)

[0132]

Joint	Max.	Min.	Fluctuation Range
Ankle Left	X: -0.21 Y: 0.32 Z: 1.20	X: -0.23 Y: 0.27 Z: 1.18	X: 0.04 Y: 0.06 Z: 0.02
Ankle Right	X: -0.07 Y: 0.22 Z: 1.43	X: -0.14 Y: 0.19 Z: 1.40	X: 0.03 Y: 0.06 Z: 0.03
Foot Left	X: -0.27 Y: 0.28 Z: 1.09	X: -0.36 Y: 0.16 Z: 1.05	X: 0.11 Y: 0.10 Z: 0.04
Foot Right	X: -0.20 Y: 0.28 Z: 1.37	X: -0.28 Y: 0.16 Z: 1.33	X: 0.13 Y: 0.12 Z: 0.04

[0133] 측정에 사용된 동작은 혼합현실 재활 시뮬레이션 시스템에서 사용된 'Ankle Up' 및 'Ankle Down' 동작이다. Azure Kinect에서 앉은 상태의 피검자의 첫 번째 측정 관절인 왼쪽 발목은 126cm 떨어져 있다. 'Ankle Up' 동작을 수행할 때의 최대 좌표값은 (-0.21, 0.32, 1.20) 이고, 'Ankle Down' 동작을 수행할 때의 최소 좌표값은 (-0.23, 0.27, 1.18)으로 측정되었다. 이로 인해 변동범위 (0.04, 0.06, 0.02)가 발생했다. 같은 자세, 위치, 동작에서 피험자의 오른쪽 발목은 146cm의 거리에 있었다. 최대 좌표값은 (-0.07, 0.22, 1.43) 이었고, 최소 좌표값은 (-0.14, 0.19, 1.40)이었다. 변동범위 (0.03, 0.06, 0.03)가 나타났다.

[0134] 피검자의 세 번째 측정 관절인 왼쪽 발과 Azure Kinect 사이의 거리는 125cm였다. 최대 좌표값은 (-0.27, 0.28,

1.09) 이었고, 최소 좌표값은 (-0.36, 0.16, 1.05) 이었다. 변동범위 (0.11, 0.10, 0.04)를 측정했다. 마지막 관절인 오른쪽 발은 Azure Kinect에서 145cm 떨어져 위치했다. 최대 좌표값은 (-0.20, 0.28, 1.37)이고 최소 좌표값은 (-0.28, 0.16, 1.33) 이다. 이러한 관절의 변화 정도는 변동범위 (0.13, 0.12, 0.04)로 측정되었다.

[0136] 이상 설명한 바와 같은 본 발명의 실시예에 의하면, 피검자의 다양한 동작 제작 및 분석을 통해 피검자의 보행 재활과 실제 생활에 필요한 다양한 재활 동작의 재활 치료를 진행할 수 있으며, 그에 따른 실질적이고 체계적인 근육 및 신경의 회복이 가능하도록 구현하였다. 또한, 가상현실 기반의 재활 치료를 통해 재활 동기를 부여해 주며, 가상 환경 상에서 피검자가 신체 절단 부위에 힘을 주는 방법을 되살리는 과정을 통해 기존 재활 시스템을 적용하기 전에 사전 근육의 움직임과 신경을 사용하는 방법에 대한 재활 환경을 미리 적용해 볼 수 있고, 피검자와 검사자가 서로 다른 공간에서 원격으로 접속 및 재활이 가능하기 때문에 공간적/시간적 제약을 최소화하도록 구현하였다. 또한, 가상환경 기반의 재활은 재활 훈련 시 검사자가 재활 프로그램의 결과를 신속하게 평가할 수 있으며, 채활을 체계적으로 맞춤화할 수 있으며, 피검자가 의족을 작용한 상태에서도 근전도 신호의 분석 및 연동이 가능하여 실제 재활과 가상 재활을 동시에 병행하도록 구현하였다.

[0137] 한편, 첨부된 블록도의 각 블록과 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다.

[0138] 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방식으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 기록매체(또는 메모리) 등에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 기록매체(또는 메모리)에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다.

[0139] 그리고, 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 블록도의 각 블록에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0140] 또한, 각 블록은 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 적어도 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시 예들에서는 블록들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

부호의 설명

[0142] 1: 재활 치료 시스템

10: 근전도 센서

20: 네트워크

100: 신호 분석 장치

110: 신호 획득부

120: 전처리부

130: 동작 판별부

140: 통신부

200: 가상화 장치

210: 통신부

220: 가상 대체물 생성부

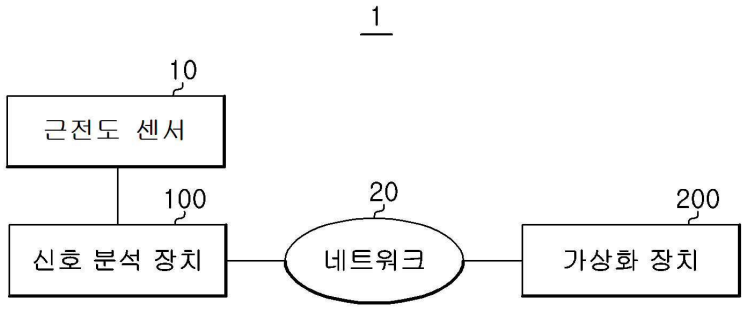
230: 자세 정보 생성부

240: 출력부

250: 상호 작용부

도면

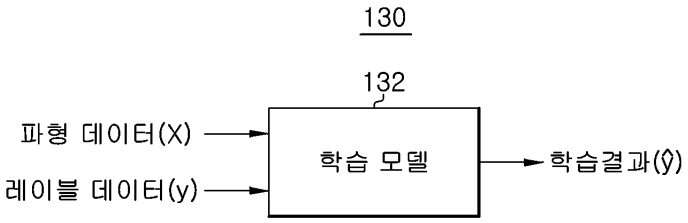
도면1



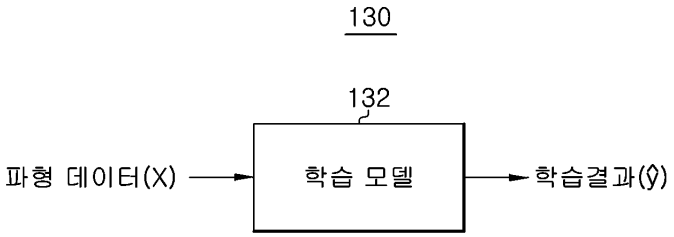
도면2



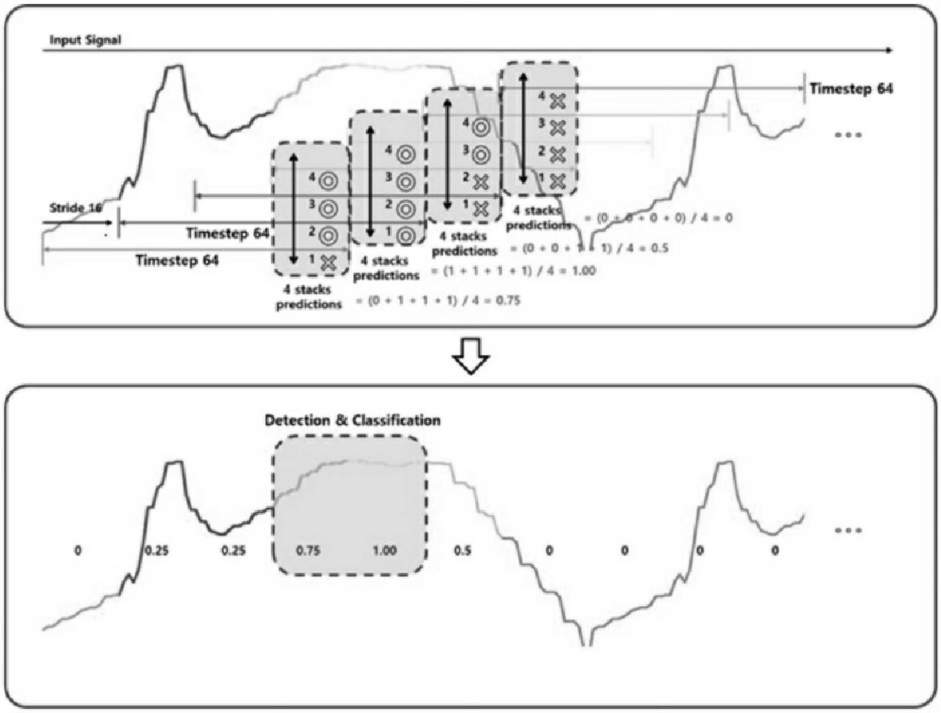
도면3



도면4


130
132
파형 데이터(X)
학습 모델
학습결과(ŷ)

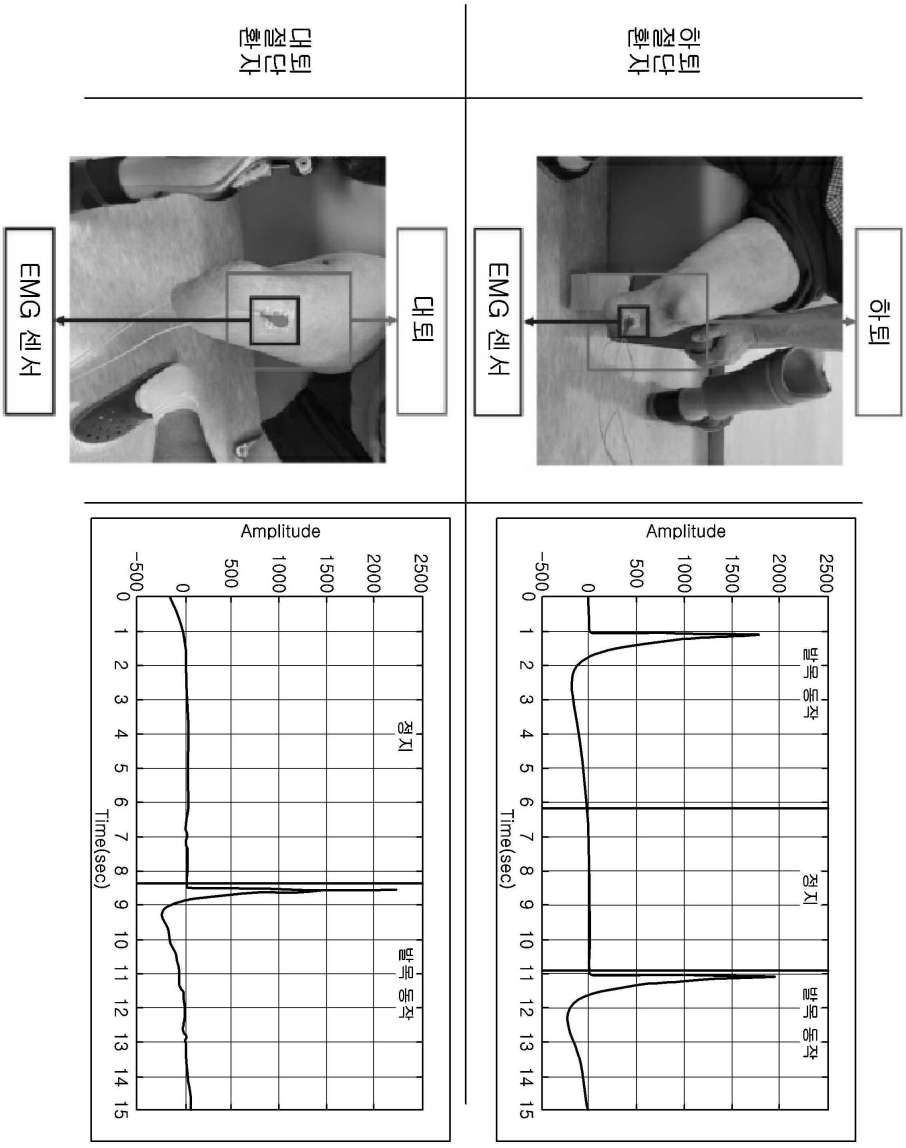
도면5


Input Signal
Timestep 64
Stride 16
Timestep 64
Timestep 64
4 stacks predictions
4 stacks predictions
4 stacks predictions
4 stacks predictions
= (0 + 1 + 1 + 1) / 4 = 0.75
= (1 + 1 + 1 + 1) / 4 = 1.00
= (0 + 0 + 1 + 1) / 4 = 0.5
= (0 + 0 + 0 + 0) / 4 = 0
Detection & Classification
0
0.25
0.25
0.75
1.00
0.5
0
0
0
0

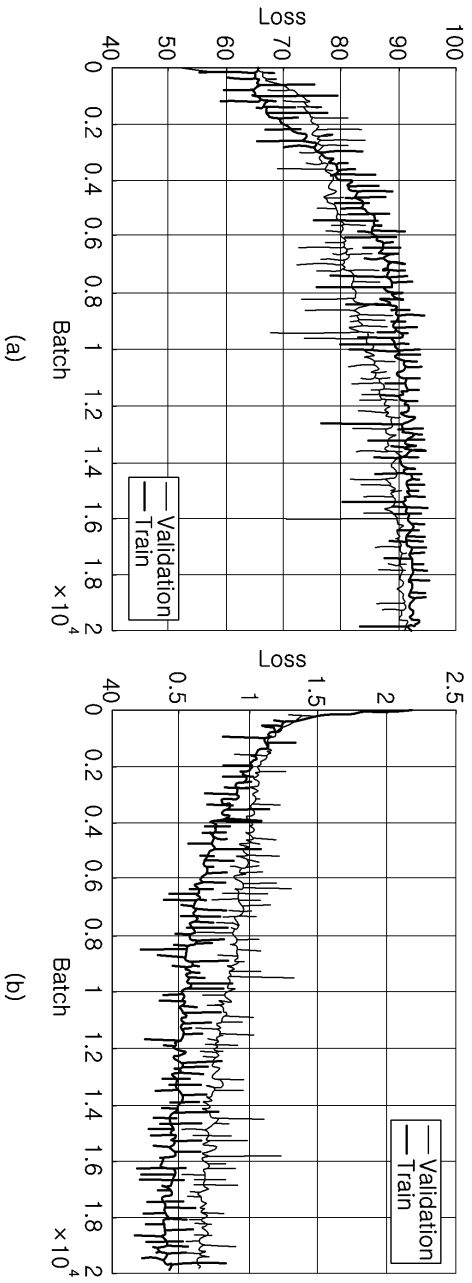
도면6



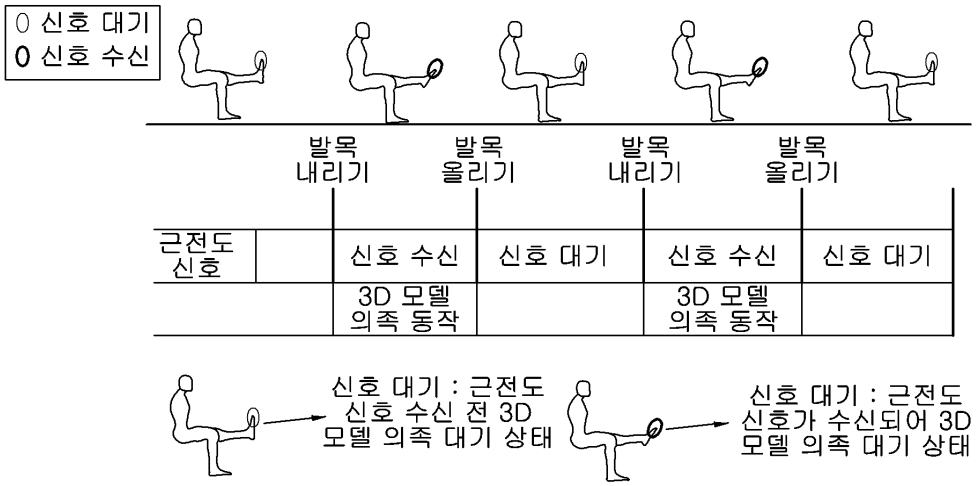
도면7


하퇴 절단자
대퇴 절단자
하퇴
EMG 센서
대퇴
EMG 센서
Amplitude
Time(sec)
발목 동작
정지
발목 동작
Amplitude
Time(sec)
정지
발목 동작

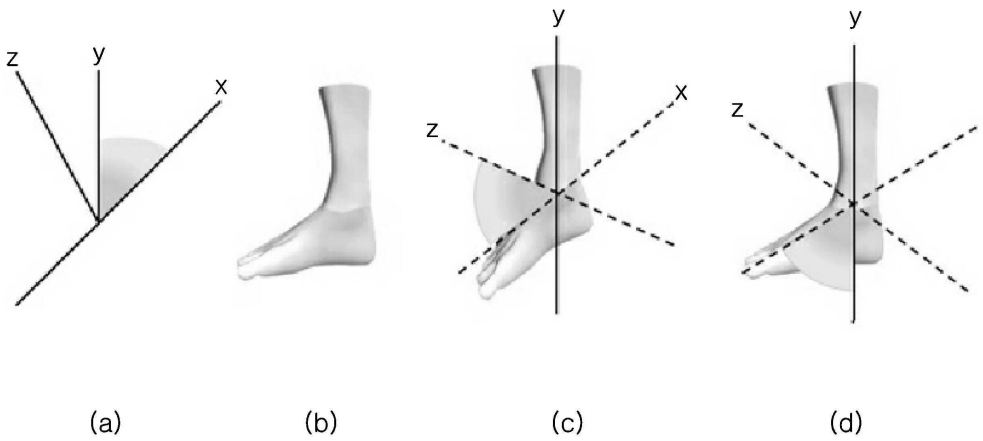
도면8


Loss
Batch
×10^4
Validation
Train
(a)
Loss
Batch
×10^4
Validation
Train
(b)

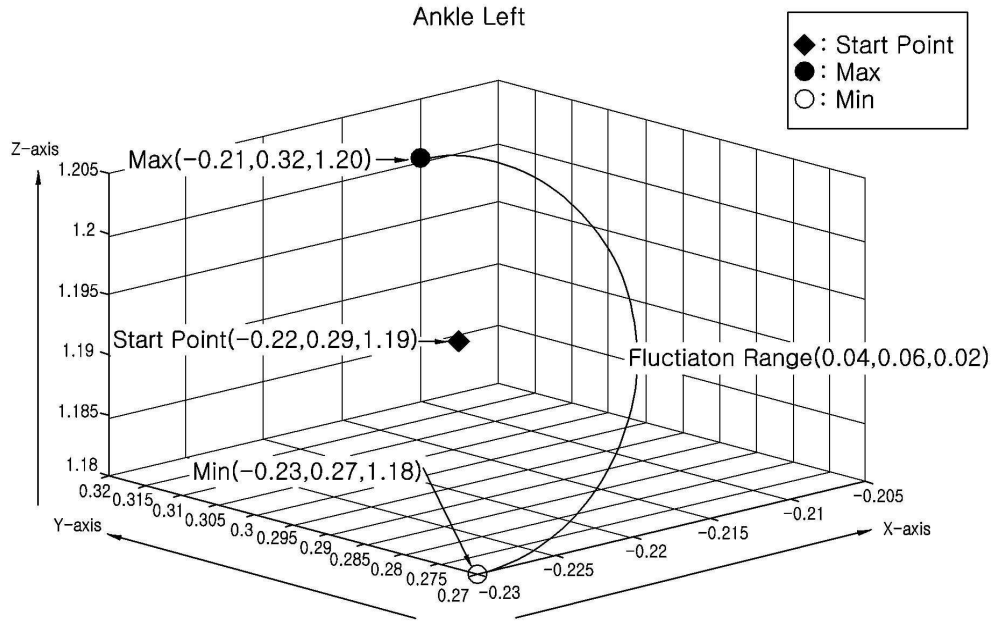
도면9


○ 신호 대기
● 신호 수신
발목 내리기
발목 올리기
발목 내리기
발목 올리기
근전도 신호
신호 수신
신호 대기
신호 수신
신호 대기
3D 모델 의족 동작
3D 모델 의족 동작
신호 대기 : 근전도 신호 수신 전 3D 모델 의족 대기 상태
신호 대기 : 근전도 신호가 수신되어 3D 모델 의족 대기 상태

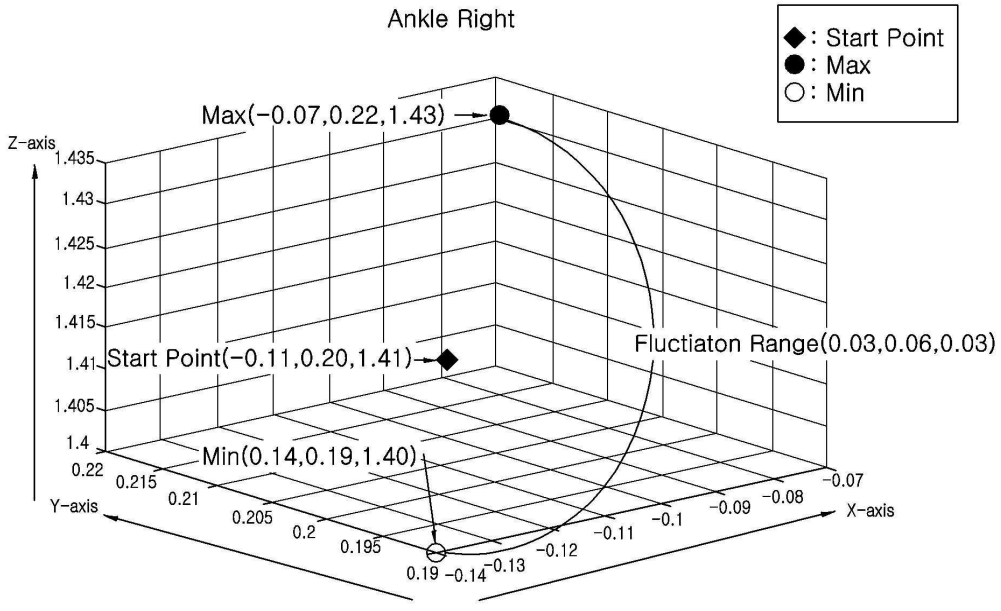
도면10


z
y
x
y
z
x
y
z
(a)
(b)
(c)
(d)

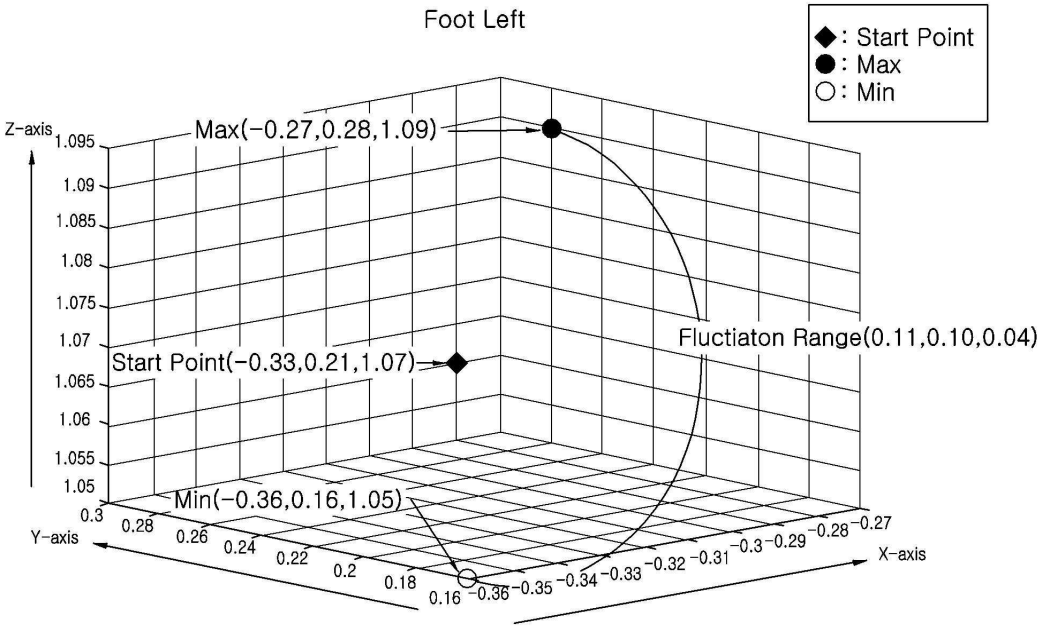
도면11


Ankle Left
◆: Start Point
●: Max
○: Min
Z-axis
1.205
1.2
1.195
1.19
1.185
1.18
Max(−0.21,0.32,1.20)
Start Point(−0.22,0.29,1.19)
Min(−0.23,0.27,1.18)
Fluctiaton Range(0.04,0.06,0.02)
0.32
0.315
0.31
0.305
0.3
0.295
0.29
0.285
0.28
0.275
0.27
Y-axis
−0.23
−0.225
−0.22
−0.215
−0.21
−0.205
X-axis

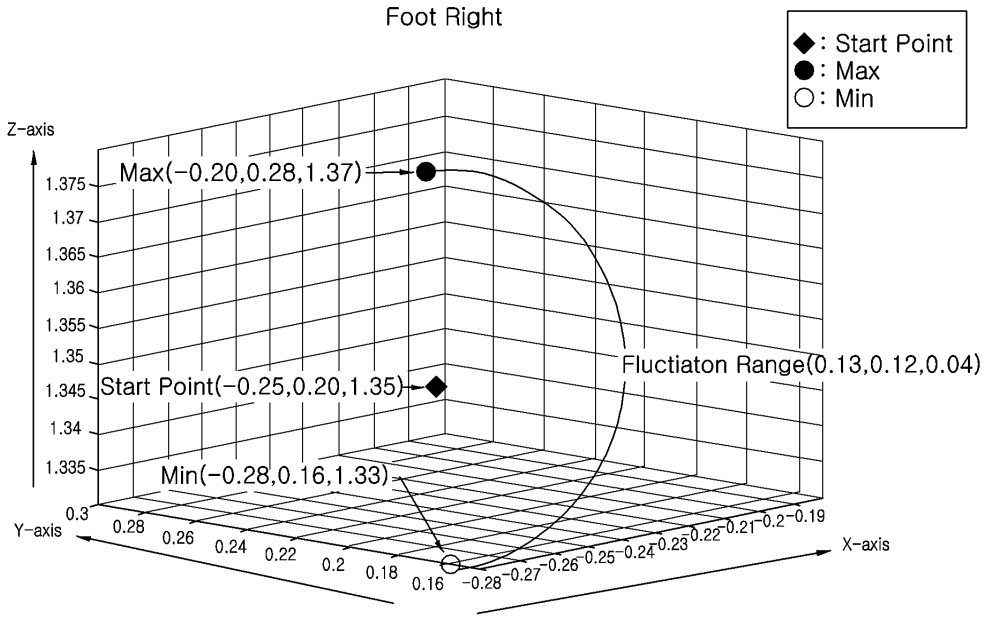
도면12


Ankle Right
◆: Start Point
●: Max
○: Min
Z-axis
1.435
1.43
1.425
1.42
1.415
1.41
1.405
1.4
Max(−0.07,0.22,1.43)
Start Point(−0.11,0.20,1.41)
Min(0.14,0.19,1.40)
Fluctiaton Range(0.03,0.06,0.03)
0.22
0.215
0.21
0.205
0.2
0.195
0.19
Y-axis
−0.14
−0.13
−0.12
−0.11
−0.1
−0.09
−0.08
−0.07
X-axis

도면13


Foot Left
◆: Start Point
●: Max
○: Min
Z-axis
Y-axis
X-axis
Max(-0.27,0.28,1.09)
Start Point(-0.33,0.21,1.07)
Min(-0.36,0.16,1.05)
Fluctiaton Range(0.11,0.10,0.04)

도면14


Foot Right
◆: Start Point
●: Max
○: Min
Z-axis
Y-axis
X-axis
Max(-0.20,0.28,1.37)
Start Point(-0.25,0.20,1.35)
Min(-0.28,0.16,1.33)
Fluctiaton Range(0.13,0.12,0.04)