(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0109140
(43) 공개일자 2024년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/11 (2006.01) *A61B 5/00* (2021.01)
A61B 5/397 (2021.01) *G06N 3/08* (2023.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/112 (2013.01)
A61B 5/397 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2023-0000936
(22) 출원일자 2023년01월03일
심사청구일자 2023년01월03일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
신충수
서울특별시 마포구 백범로 35, AS608B
김판권
서울특별시 서대문구 신촌로 109 신촌르메이에르타운5 816호
이진규
서울특별시 마포구 광성로6안길 17 신촌숲아이파크 106동 1402호
(74) 대리인
이지연

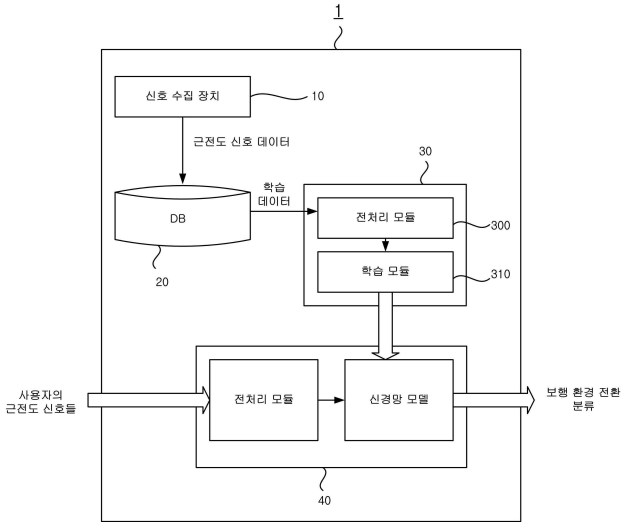
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **근전도 신호를 이용한 보행 환경 전환 검출 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 근전도 신호들을 이용한 보행 환경 전환 검출 시스템 및 방법에 관한 것이다. 상기 보행 환경 전환 검출 시스템은, 근전도 신호들로 이루어진 학습 데이터를 이용하여, 신경망 모델을 학습시켜 보행 환경 전환을 분류할 수 있도록 모델링하는 신경망 모델 학습 장치; 및 사용자의 근전도 신호들을 이용하여 상기 학습된 신경망 모델을 통해, 사용자의 보행 환경 전환을 검출하고 분류하는 보행 환경 전환 보행 환경 전환 검출 장치; 를 포함한다. 상기 학습 데이터는, 무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근의 근전도 신호들의 조합으로 이루어지고, 각 근전도 신호들은 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경에서의 걷기 작업들, 및 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환에서의 걷기 작업들 중 하나로 라벨링된 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/7225 (2021.01)
A61B 5/7267 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711098378
과제번호 2019R1A2C1089522
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 딥러닝 기법을 적용한 생체신호 기반 보행환경 전환 조기감지알고리즘과 건측-환측 동기화 알고리즘 개발 및 생체역학 기반 중족관절을 포함한 스마트 하퇴의족 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 서강대학교
연구기간 2019.09.01 ~ 2024.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

근전도 신호들로 이루어진 학습 데이터를 이용하여, 신경망 모델을 학습시켜 보행 환경 전환을 분류할 수 있도록 모델링하는 신경망 모델 학습 장치; 및

사용자의 근전도 신호들을 이용하여 상기 학습된 신경망 모델을 통해, 사용자의 보행 환경 전환을 검출하고 분류하는 보행 환경 전환 보행 환경 전환 검출 장치;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 학습 데이터는,

무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근의 근전도 신호들의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 학습 데이터를 구성하는 근전도 신호들은,

단일의 지형으로 이루어진 보행 환경에서의 걷기 작업들, 및 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환에서의 걷기 작업들 중 하나로 라벨링된 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막을 포함하며,

상기 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막 중 2개의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 신경망 모델 학습 장치는,

학습 데이터들을 전처리하여 제공하는 전처리 모듈; 및

전처리된 학습 데이터들을 이용하여 신경망 모델을 학습시키는 학습 모듈;을 구비하고,

상기 전처리 모듈은,

근전도 신호 데이터들을 정류시키는 대역 통과 필터;

정류된 근전도 신호 데이터들을 필터링하는 저역 통과 필터;

필터링된 근전도 신호 데이터들을 각 보행자의 평지 걷기에서의 피크 근전도 진폭에 대해 정규화시키는 정규화 모듈;

을 구비하는 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 시스템.

청구항 6

(a) 근전도 신호들로 이루어진 학습 데이터를 이용하여, 신경망 모델을 학습시켜 보행 환경 전환을 분류할 수 있도록 모델링하는 단계; 및

(b) 사용자의 근전도 신호들을 이용하여 상기 학습된 신경망 모델을 통해, 사용자의 보행 환경 전환을 검출하고 분류하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 학습 데이터는,

무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근의 근전도 신호들의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 학습 데이터를 구성하는 근전도 신호들은,

단일의 지형으로 이루어진 보행 환경에서의 걷기 작업들, 및 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환에서의 걷기 작업들 중 하나로 라벨링된 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막을 포함하며,

상기 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막 중 2개의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 방법.

청구항 10

제6항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

(a1) 학습 데이터들을 전처리하는 단계; 및

(a2) 전처리된 학습 데이터들을 이용하여 신경망 모델을 학습시키는 단계;

를 구비하고,

상기 (a1) 단계는, 대역 통과 필터를 이용하여 근전도 신호 데이터들을 정류시키고, 저역 통과 필터를 이용하여 상기 정류된 근전도 신호 데이터들을 필터링하고, 상기 필터링된 근전도 신호 데이터들을 각 보행자의 평지 걷기에서의 피크 근전도 진폭에 대해 정규화시키는 것을 특징으로 하는 보행 환경 전환 검출 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 근전도 신호를 이용한 보행 환경 전환 검출 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 무릎 관절, 발목 관절, 중족 관절에 대한 신전근과 굴곡근의 근전도 신호들의 조합으로 이루어진 학습 데이터를 이용하여, 인공 신경망 모델을 딥러닝하여 보행 환경 전환을 정확하게 검출하고 분류할 수 있도록 구성된 근전도 신호를 이용한 보행 환경 전환 검출 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 로봇 보행 보조 외골격 또는 보철 연구에서는 사용자와 로봇 간의 소통을 통해 로봇의 자연스러운 움직임을 가능하게 하는 연구가 주목받고 있다. 인간-로봇 상호 작용은 인간과 로봇이 의도를 인식하고 다양한 커뮤니케이션 채널을 통해 인지적 상호 작용을 할 수 있도록 하는 기술이다.

[0003] 여기서, 의도 인식(Intention recognition)은 로봇의 움직임과 실제 인간 사이의 동기화를 달성하기 위한 중요한 문제이다.

[0004] 한편, 웨어러블 보행 보조 장치는 신체 능력이 저하된 사용자가 안전하게 보행할 수 있도록 도와준다. 보행자는 일상 생활에서 평지, 계단, 언덕 등 다양한 보행 환경을 접하게 되며, 현재의 지형을 지속적으로 걷거나 기존 지형과는 다른 지형을 넘나들게 된다. 웨어러블 보행 보조 장치는 지형 유형에 따라 정확한 제어 전략을 가지고 있다. 따라서, 보행자가 착용한 웨어러블 보행 보조 장치는 보행자의 의도와 앞으로의 상황에 대한 정보를 확보

하여, 이에 따라 정확한 제어 전략을 수행해야 한다.

[0005] 이러한 이유로, 보행 환경에 따라 보행 보조 장치를 적절하고 안전하게 제어하기 위하여, 보행 보조 장치를 착용한 보행자의 의도와 보행 환경을 정확하게 인지하는 것이 필요하다.

[0006] 근전도(EMG) 신호, 뇌파(EEG) 신호, 전기 오큘로 그램(EOG)과 같은 생체 전기 신호를 기반으로 하여, 로봇 장치의 사용자 움직임 의도를 인식하는 방법에 대한 연구가 수행되었다. 그리고, 근전도 신호를 기반으로 한 의도 인식은 장치와 인간의 움직임 사이의 통신에 사용되어 왔다.

[0007] 이와 같이, 신경 정보가 포함된 근전도 신호는 사람이 움직이기 직전에 보행자의 동작 의도를 미리 예측할 수 있도록 한다. 하지만, 기계식 센서는 사람이 움직인 후 외부 환경과의 접촉을 통해 힘이나 토크로 신호를 측정할 수 있게 된다. 따라서, 제어 시스템에 있어서, 근전도 신호는 기계적 센서 신호보다 보행자의 보행 속도 및 기울기를 추정하는 데 유용한 정보를 제공함으로써, 보행자와 보행 보조 장치등과 같은 기계 간의 동기화를 향상시킬 수 있게 된다.

[0008] 따라서, 표면근전도(sEMG) 신호는 인간의 움직임과 관련된 신경 정보를 포함하는 전기 신호이고, 이러한 표면근전도 신호를 분석하여 인간의 움직임 의도를 인식하여 움직임을 분류하고 보조 장치를 제어하는 신호로 활용할 수 있다.

[0009] 하지만, 표면근전도 신호는 비선형적이면서도 복잡한 패턴을 가지므로, 표면근전도 신호를 분석하고 분류하는 것은 매우 어렵다.

[0010] 한편, 신경망은 복잡한 시스템을 학습하고 분석할 수 있는 능력이 있어 최근 패턴 인식 및 적응 제어와 같은 분야에 널리 적용되고 있다. 이전 연구에 따르면 표면근전도 신호를 이용한 패턴 인식 방법이 수행되었으며 기계학습 알고리즘을 적용하여 9개의 손 동작을 분류하였다. 또한 보행중 측정된 하지의 근전도 신호를 머신 러닝에 적용하여 보행 단계를 분류하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제 10-2022-0152725 호

(특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제 10-2352537 호

(특허문헌 0003) 한국등록특허공보 제 10-2302719 호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 전술한 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 신경망 모델을 딥러닝시킴으로써, 사용자의 근전도 신호만을 이용하여 사용자의 다양한 보행 환경 및 다양한 보행 환경 간 전환을 검출하고 분류할 수 있도록 하는 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템은, 근전도 신호들로 이루어진 학습 데이터를 이용하여, 신경망 모델을 학습시켜 보행 환경 전환을 분류할 수 있도록 모델링하는 신경망 모델 학습 장치; 및 사용자의 근전도 신호들을 이용하여 상기 학습된 신경망 모델을 통해, 사용자의 보행 환경 전환을 검출하고 분류하는 보행 환경 전환 보행 환경 전환 검출 장치;를 포함한다.

[0014] 전술한 제1 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 상기 학습 데이터는, 무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근의 근전도 신호들의 조합으로 이루어지고,

[0015] 상기 학습 데이터를 구성하는 근전도 신호들은, 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경에서의 걷기 작업들, 및 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환에서의 걷기 작업들 중 하나로 라벨링된 것이 바람직하다.

[0016] 전술한 제1 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 상기 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경은 평

지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막을 포함하며, 상기 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막 중 2개의 조합으로 이루어진 것이 바람직하다.

[0017] 전술한 제1 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 상기 신경망 모델 학습 장치는, 학습 데이터들을 전처리하여 제공하는 전처리 모듈; 및 전처리된 학습 데이터들을 이용하여 신경망 모델을 학습시키는 학습 모듈;을 구비하고,

[0018] 상기 전처리 모듈은, 근전도 신호 데이터들을 정류시키는 대역 통과 필터; 정류된 근전도 신호 데이터들을 필터링하는 저역 통과 필터; 필터링된 근전도 신호 데이터들을 각 보행자의 평지 걷기에서의 피크 근전도 진폭에 대해 정규화시키는 정규화 모듈; 을 구비하는 것이 바람직하다.

[0019] 본 발명의 제2 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 방법은, (a) 근전도 신호들로 이루어진 학습 데이터를 이용하여, 신경망 모델을 학습시켜 보행 환경 전환을 분류할 수 있도록 모델링하는 단계; 및 (b) 사용자의 근전도 신호들을 이용하여 상기 학습된 신경망 모델을 통해, 사용자의 보행 환경 전환을 검출하고 분류하는 단계;를 포함한다.

[0020] 전술한 제2 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 방법에 있어서, 상기 학습 데이터는, 무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근의 근전도 신호들의 조합으로 이루어지고,

[0021] 상기 학습 데이터를 구성하는 근전도 신호들은, 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경에서의 걷기 작업들, 및 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환에서의 걷기 작업들 중 하나로 라벨링된 것이 바람직하다.

[0022] 전술한 제2 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 방법에 있어서, 상기 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막을 포함하며, 상기 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막 중 2개의 조합으로 이루어진 것이 바람직하다.

[0023] 전술한 제2 특징에 따른 보행 환경 전환 검출 방법에 있어서, 상기 (b) 단계는, (b1) 학습 데이터들을 전처리하는 단계; 및 (b2) 전처리된 학습 데이터들을 이용하여 신경망 모델을 학습시키는 단계;를 구비하고,

[0024] 상기 (b1) 단계는, 대역 통과 필터를 이용하여 근전도 신호 데이터들을 정류시키고, 저역 통과 필터를 이용하여 상기 정류된 근전도 신호 데이터들을 필터링하고, 상기 필터링된 근전도 신호 데이터들을 각 보행자의 평지 걷기에서의 피크 근전도 진폭에 대해 정규화시키는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템은, 무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근, 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근의 조합으로 이루어진 근전도 신호들을 이용하여 신경망 모델을 학습시킴으로써, 모든 관절의 근육들을 이용하여 학습한 것과 거의 유사한 분류 정확도를 얻을 수 있게 된다. 따라서, 본 발명에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템은, 최소한의 근전도 신호 데이터들을 이용하여 보행 환경 전환을 정확하게 검출할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템을 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 보행 환경 전환을 검출하기 위하여 사용된 근전도 신호들의 대상들을 도시한 모식도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 검출 및 분류하고자 하는 다양한 보행 환경 및 다양한 보행 환경 전환 상태들을 예시적으로 도시한 모식도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 신경망 모델을 예시적으로 도시한 블록 다이어그램이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 입각기 동안 모든 근육의 EMG 신호의 전체 프로파일을 입력으로 사용하여 13가지 걷기 작업을 식별하기 위한 오차 행렬(Confusion matrix)을 도시한 도표이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서,

각 관절에 대한 굴곡근과 신전근의 그룹의 활성도를 이용하였을 때의 분류 정확도를 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 입각기 동안 무릎 관절의 신전근, 발목 관절의 신전근 및 중족 관절의 굴근 근육 활성화의 전체 프로파일을 사용하여 13가지 걷기 작업을 식별하기 위한 오차 행렬을 도시한 도표이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 각 근육 조합에 따른 연속 보행 환경, 계단-평지 전환 환경, 언덕-평지 전환 환경에서의 분류 정확도들을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템 및 그 방법에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템을 도시한 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템(1)은, 신호 수집 장치(10), 학습 데이터를 포함한 데이터베이스(20), 신경망 학습 장치(30) 및 보행 환경 전환 검출 장치(40)를 구비한다. 본 발명에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템은 신경망 모델을 학습시킬 수 있는 컴퓨팅 시스템에 의해 구현될 수 있다.

[0029] 상기 데이터베이스(20)는 신호 수집 장치에 의해 획득된 학습 데이터를 저장 및 관리하며, 상기 학습 데이터는 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경 상태 및 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환 상태에서 획득된 보행자들의 근전도 신호들로서, 무릎 관절의 신전근과 굽힘근, 발목 관절의 신전근과 굽힘근 및 중족 관절의 신전근과 굽힘근으로 이루어진 조합에 대한 근전도 신호들을 포함한다. 상기 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막을 포함하며, 상기 연속된 서로 다른 지형으로 이루어진 보행 환경 전환은 평지, 계단 오르기, 계단 내리기, 오르막, 내리막 중 2개의 조합으로 이루어진 것이 바람직하다. 상기 무릎 관절의 신전근은 대퇴직근, 내측광근, 외측광근을 포함하며, 상기 발목 관절의 신전근은 내측 비복근, 외측 비복근, 비장근을 포함하며, 상기 중족 관절의 굽힘근은 장지굴근을 포함한다.

[0030] 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경을 계속적으로 보행하는 상황을 구분하기 위하여, 발목 관절의 신전근이 중요 파라미터이다. 하지만, 단일의 지형으로 이루어진 보행 환경을 계속적으로 보행하는 경우와 연속된 서로 다른 보행 환경이 전환되는 경우를 구분하는 중요한 파라미터는 무릎 관절의 신전근 및 중족 관절의 굽힘근이다. 따라서, 모든 근육의 데이터를 사용하여 판단하는 것이 가장 좋은 결과를 보이기는 하나, 의족 등과 같은 보조 장치의 설계 및 제어에 있어 입력 신호를 줄여 제어의 용이성을 향상시키는 것이 중요하다. 따라서, 본 발명에 따른 보행 환경 전환 검출 시스템은 보조 장치의 빠른 제어와 정확한 제어를 동시에 구현하기 위하여, 무릎 관절의 신전근과, 발목 관절의 신전근 및 중족 관절의 굽힘근에 대한 근전도 신호들의 조합을 사용한다.

[0031] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 보행 환경 전환을 검출하기 위하여 사용된 근전도 신호들의 대상들을 도시한 모식도이다. 도 2의 (a)는 무릎 관절들이며, (b)는 발목 관절이며, (c)는 중족 관절이다.

[0032] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 검출 및 분류하고자 하는 다양한 보행 환경 및 다양한 보행 환경 전환 상태들을 예시적으로 도시한 모식도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 시스템에서 검출하고자 하는 13가지의 보행 작업은, (a) 평지 걷기(FG), (b) 계단 오르기(US), (c) 계단 내리기(DS), (d) 오르막 걷기(UH), (e) 내리막 걷기(DH), (f) 평지 걷기에서 계단 오르기의 전환(FG-US), (g) 계단 오르기에서 평지 걷기로의 전환(US-FG), (h) 계단 내리기에서 평지 걷기로의 전환(DS-FG), (i) 평지 걷기에서 계단 내리기로의 전환(FG-DS), (j) 평지 걷기에서 오르막 걷기로의 전환(FG-UH), (k) 오르막 걷기에서 평지 걷기로의 전환(UH-FG), (l) 내리막 걷기에서 평지 걷기로의 전환(DH-FG), (m) 평지 걷기에서 내리막 걷기로의 전환(FG-DH)이다.

[0033] 상기 신호 수집 장치(10)는 보행자들의 신체에 부착된 근전도 측정 센서들에 의해 측정된 근전도 신호들을 수집하여 상기 데이터베이스에 저장하게 된다. 상기 근전도 측정 센서들은 내측 비복근(MG), 외측 비복근(LG), 비장근(Sol), 대퇴직근(RF), 내측광근(VM), 외측광근(VL), 반막양근(ST), 대퇴이두근(BF), 전경골근(TA), 장무지굴근(FHL) 및 장지신근(EDL)에 부착되며, 보행시의 근활성도 데이터를 측정한다. 상기 근활성도 데이터는 각 보행 환경에서의 보행시 및 각 보행 환경간 전환 상태에서 입각기 동안의 데이터를 수집하는 것이 바람직하다.

[0034] 상기 신경망 학습 장치(30)는 학습 데이터들을 전처리하여 제공하는 전처리 모듈(300) 및 전처리된 학습 데이터

들을 이용하여 신경망 모델을 학습시키는 학습 모듈(310)을 구비한다.

[0035] 상기 전처리 모듈(300)은 근전도 신호 데이터들을 20~500 Hz의 대역 통과 필터를 이용하여 필터링하여 정류시키며, 정류된 근전도 신호 데이터들을 차단 주파수가 10Hz인 저역 통과 필터를 이용하여 필터링하며, 필터링된 근전도 신호 데이터들은 각 보행자의 평지 걷기에서의 피크 근전도 진폭에 대해 정규화시킨다. 더 나아가, 신경망 모델을 훈련하고 평가하기 위하여 입력 데이터의 크기를 일치시키기 위하여 모든 근전도 신호 데이터들은 보간되는 것이 바람직하다.

[0036] 전처리된 각 근전도 신호 데이터들은 각 개별 근육으로 분리되고, 개별 근육으로 분리된 근전도 신호 데이터들은 보행 환경 및 보행 환경 전환 상태에서의 걷기 작업들 중 하나로 라벨링되어, 신경망 모델의 입력 데이터로 사용된다. 학습 데이터들 중 일부는 신경망 모델의 훈련을 위한 입력 데이터로 사용되며, 학습 데이터들 중 나머지는 신경망 모델의 평가를 위한 입력 데이터로 사용된다.

[0037] 상기 학습 모듈은, 라벨링된 근전도 신호 데이터들을 이용하여 신경망 모델을 훈련시키고 평가함으로써, 신경망 모델을 학습시키게 된다.

[0038] 본 발명에 따른 걷기 작업을 식별하기 위한 상기 신경망 모델은 입력 레이어, 적어도 3개 이상의 은닉 레이어, 출력 레이어를 포함하며, 상기 출력 레이어는 복수 개의 보행 환경에서의 걷기 및 복수 개의 보행 환경 전환 상태에서의 걷기를 포함하는 복수 개의 출력 노드들을 갖는다.

[0039] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 신경망 모델을 예시적으로 도시한 블록 다이어그램이다. 도 4의 (a)을 참조하면, 본 발명에 따른 신경망 모델은 입력 레이어, 3개의 은닉 레이어들 및 출력 레이어로 구성될 수 있다. 도 4의 (b)는 뉴런 구조를 예시적으로 도시한 것으로서, 기울기 소실 문제를 방지하기 위하여 활성화 함수로 신경망에 정류된 선형 단위를 사용하고, 과적합 문제를 방지하기 위하여 드롭 아웃 (DropOut) 기법을 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0040] 본 발명에 따른 신경망 모델을 이용한 보행 환경 전환 검출 시스템은, 현재의 보행 환경 및 보행 환경 전환을 높은 정확도로 판별할 수 있으며, 무릎 관절의 신전근(RF, VL, VM)에서 측정된 근육 활성화 데이터를 사용할 때 95.4%의 성공률을 달성한다.

[0041] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 입각기 동안 모든 근육의 EMG 신호의 전체 프로파일을 입력으로 사용하여 13가지 걷기 작업을 식별하기 위한 오차 행렬(Confusion matrix)을 도시한 도표이다. 도 5를 참조하면, 각각의 현재 보행 환경과 보행 환경 전환을 식별하기 위한 정확도의 순서에 따른 근육 집합은, 발목 관절의 신전근(LG, MG, Sol), 무릎 관절의 신전근(RF, VL, VM), 무릎 관절의 굴곡근(ST, BF), MTP 굴곡근(FHL), 발목 관절의 굴곡근(TA) 및 MTP 신전근(EDL)이다.

[0042] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 각 관절에 대한 굴곡근과 신전근의 조합에 대한 활성도를 이용하였을 때의 분류 정확도를 도시한 그래프이다. 도 6에 있어서, 무릎 관절의 굴곡근은 반건양근과 대퇴이두근을 나타내며, 무릎 관절의 신전근은 대퇴직근, 내측광근, 외측광근을 나타내며, 발목 관절의 굴곡근은 전경골근을 나타내며, 발목 관절의 신전근은 가자미근, 내측 비복근 및 외측 비복근을 나타내며, MTP 관절의 굴곡근과 신전근은 각각 장무지굴근과 장지신근을 나타낸다.

[0043] 도 6을 참조하면, 각 관절에 대한 굴곡근과 신전근 조합의 활성도를 이용하였을 때, 발목 관절의 신전근 조합인 LG, MG, Sol의 활성화를 기반으로 하여 신경망 모델을 학습하여 분류하는 경우, 분류 정확도가 78.1%의 분류 성능을 달성하였다.

[0044] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 입각기 동안 무릎 신전근, 발목 신전근 및 MTP 굴근 근육 활성화의 전체 프로파일을 사용하여 13가지 걷기 작업을 식별하기 위한 오차 행렬을 도시한 도표이다. 도 7을 참조하면, 각 관절에 대한 신전근 그룹과 굴곡근 그룹의 조합에 따라 현재 보행 환경과 보행 환경 전환을 분류할 때, 무릎 관절의 신전근(RF, VL, VM), 발목 관절의 신전근(LG, MG, Sol), MTP 관절의 굴근(FHL)의 조합에 대한 분류 정확도는 90.9%이다.

[0045] 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 근전도 신호를 기반으로 한 보행 환경 전환 검출 시스템에 있어서, 각 근육 조합에 따른 연속 보행 환경, 계단-평지 전환 환경, 언덕-평지 전환 환경에서의 분류 정확도들을 도시한 그래프이다.

[0046] 도 8에 있어서, (a)는 무릎 관절의 신전근들의 조합, (b)는 무릎 관절의 신전근, 발목 관절의 신전근, MTP 관절의 굴곡근의 조합, (c)는 모든 근육의 조합일 때의 연속 보행 환경(Continuous walking tasks), 계단-평지 전환

환경(Transition stair-walking tasks), 언덕-평지 전환 환경(Transition hill-walking tasks) 에서의 분류 정확도들을 나타낸다.

[0047] 도 8을 참조하면, 각 환경에서의 분류 정확도를 비교한 결과, 언덕-평지 전환 환경에서의 분류 정확도가 가장 낮은 것을 알 수 있다. 또한, 도 8을 참조하면, (b)의 근육 조합을 사용하는 경우, 모든 근육의 조합을 사용하는 경우와 거의 유사한 분류 정확도를 보여줌을 알 수 있다.

[0048] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0049] 1 : 보행 환경 전환 검출 시스템

10 : 신호 수집 장치

20 : 데이터베이스

30 : 신경망 학습 장치

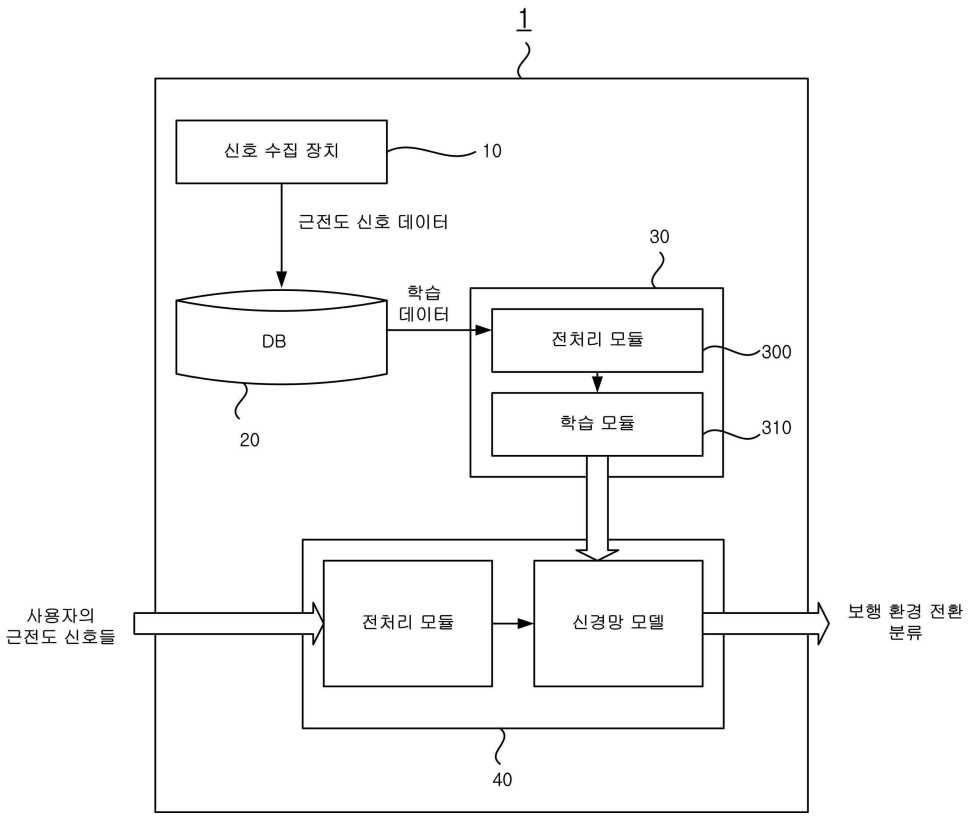
300 : 전처리 모듈

310 : 학습 모듈

40 : 보행 환경 전환 검출 장치

도면

도면1

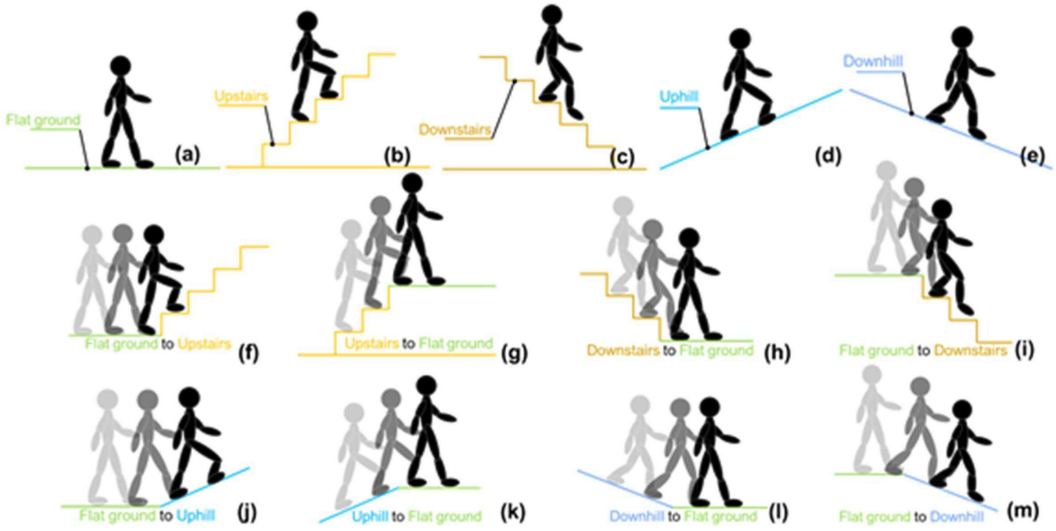


도면2

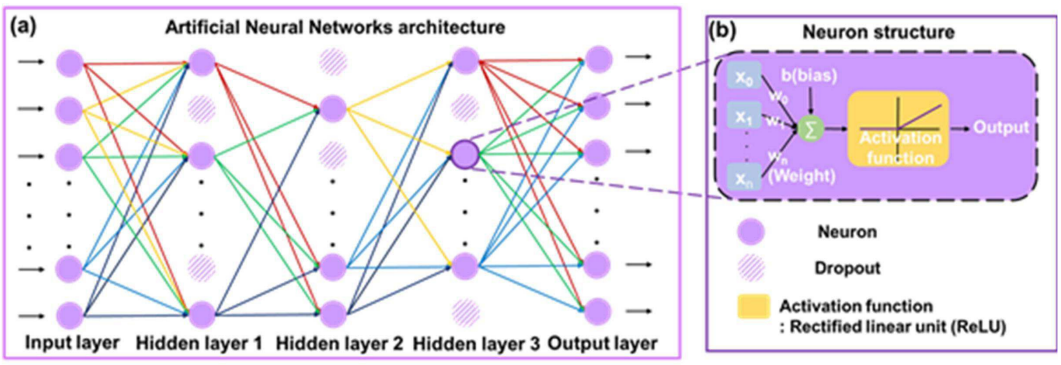


(a) (b) (c)

도면3



도면4



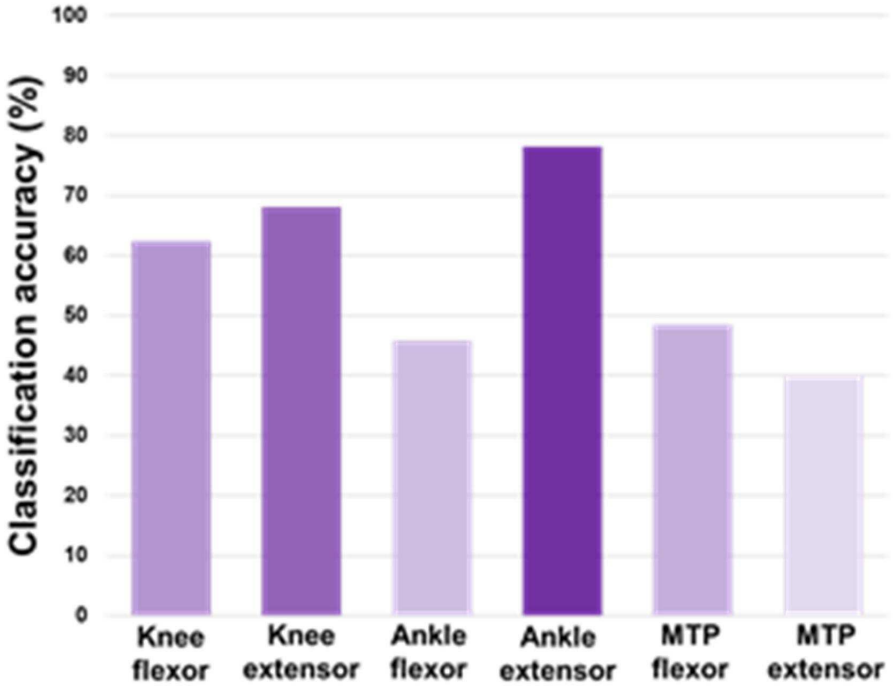
(a) (b)

도면5

	FG	US	DS	UH	DH	FG-US	US-FG	FG-DS	DS-FG	FG-UH	UH-FG	FG-DH	DH-FG
FG	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DS	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UH	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DH	0	0	0	0	96.3	0	0	0	0	0	3.7	0	0
FG-US	0	0	0	0	0	88.9	0	0	0	11.1	0	0	0
US-FG	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
FG-DS	0	0	0	0	0	0	0	96.3	0	0	0	3.7	0
DS-FG	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
FG-UH	3.7	0	0	3.7	0	0	0	0	0	92.6	0	0	0
UH-FG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96.3	0	3.7
FG-DH	0	0	0	0	7.4	0	0	3.7	0	0	7.4	81.5	0
DH-FG	0	0	3.7	0	3.7	0	0	0	0	0	3.7	0	88.9

100%
50%
0%

도면6

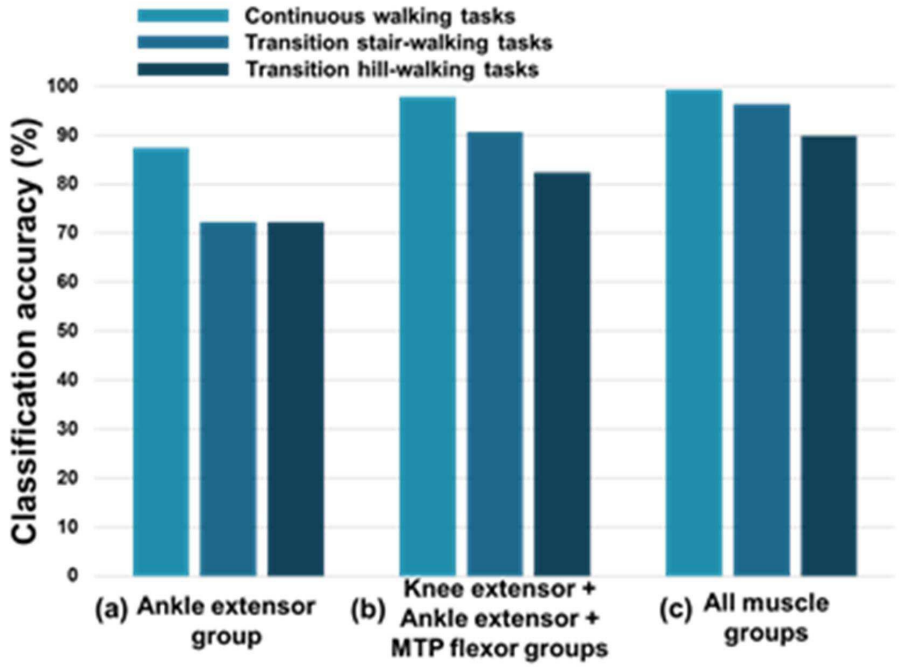


도면7

	FGW	US	DS	UH	DH	FG-US	US-FG	FG-DS	DS-FG	FG-UH	UH-FG	FG-DH	DH-FG
FGW	96.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.7	0	0
US	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DS	0	0	96.3	0	3.7	0	0	0	0	0	0	0	0
UH	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DH	0	0	0	0	96.3	0	0	0	0	0	0	0	3.7
FG-US	3.7	0	0	0	0	77.8	0	0	0	18.5	0	0	0
US-FG	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
FG-DS	0	0	0	0	0	0	0	96.3	0	0	0	3.7	0
DS-FG	0	0	0	0	0	3.7	3.7	0	88.9	0	3.7	0	0
FG-UH	0	0	0	0	0	11.1	0	0	0	88.9	0	0	0
UH-FG	3.7	0	0	0	0	0	7.4	0	0	0	70.4	11.1	7.4
FG-DH	7.4	0	0	0	0	0	3.7	0	0	0	0	88.9	0
DH-FG	0	0	0	0	0	0	0	0	7.4	0	11.1	0	81.5

100%
50
0%

도면8


Continuous walking tasks
Transition stair-walking tasks
Transition hill-walking tasks
Classification accuracy (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
(a) Ankle extensor group
(b) Knee extensor + Ankle extensor + MTP flexor groups
(c) All muscle groups