

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0052209
(43) 공개일자 2020년05월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 3/01 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
A61B 5/04 (2006.01) A61B 5/0476 (2006.01)
B25J 9/00 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06F 3/015 (2013.01)
A61B 5/04012 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0094424

(22) 출원일자 2019년08월02일

심사청구일자 2019년08월02일

(30) 우선권주장

1020180135194 2018년11월06일 대한민국(KR)

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이성환

서울특별시 강남구 언주로30길 13, B동 2506호 (도곡동, 대림아크로빌)

정지훈

서울특별시 성북구 인촌로7라길 7, 404호 (안암동1가)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 14 항

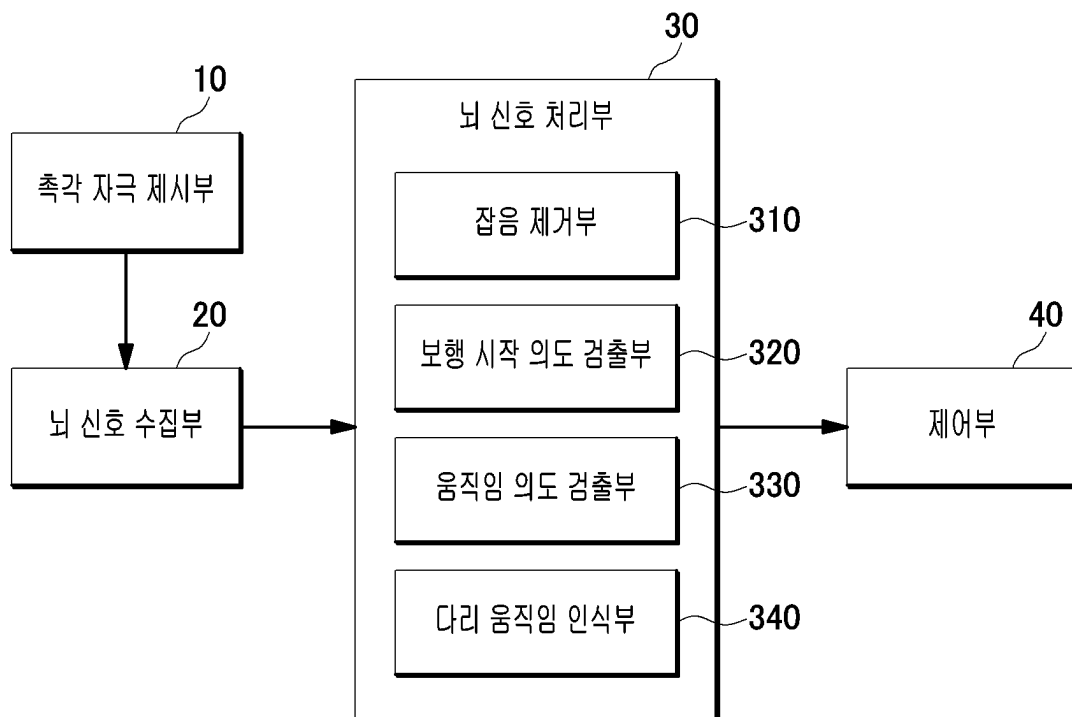
(54) 발명의 명칭 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 컴퓨터 장치에 의해 수행되는, 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법은 (a) 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시하는 단계; (b) 움직임 동작 상상과 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득하는 단계; (c) 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 단계; (d) 각 움직임에 대한 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 움직임 의도를 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기에 전달하는 단계; 및 (e) 착용형 로봇이 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 제어 명령 수신기에 의해 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하는 단계를 포함하되, 뇌 신호 분류기는, 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고, 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단한다.

(52) CPC특허분류

A61B 5/0476 (2013.01)

A61B 5/7225 (2013.01)

B25J 9/0006 (2013.01)

B25J 9/1628 (2013.01)

광노상

서울특별시 성동구 아차산로11가길 7, 701호 (성수동2가)

(72) 발명자

이영은

경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 311동 701호
(서현동, 시범단지한양아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065284

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발

연구과제명 (BCI-총괄/1세부) 생각만으로 실생활 기기 및 AR/VR 디바이스를 제어하는 비침습 BCI 통합 뇌인지컴퓨팅 SW 플랫폼 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 한국과학기술연구원(KIST)

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065265

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발(정보화)

연구과제명 (BCI-2세부) 딥러닝을 이용하여 사람의 의도를 인지하는 BCI 기반 뇌인지컴퓨팅 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 장치에 의해 수행되는, 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법에 있어서,

- (a) 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시하는 단계;
- (b) 움직임 동작 상상과 상기 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득하는 단계;
- (c) 상기 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 상기 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 단계;
- (d) 각 움직임에 대한 상기 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 상기 움직임 의도를 상기 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기에 전달하는 단계; 및
- (e) 상기 착용형 로봇이 상기 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 상기 제어 명령 수신기에 의해 상기 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하는 단계를 포함하되,

상기 뇌 신호 분류기는,

상기 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고,

상기 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 상기 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단하는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서,

상기 뇌 신호는

상기 착용형 로봇의 움직임에 의해 발생하는 움직임 잡음을 포함하는 것이되, 상기 움직임 동작 상상에 따라 획득된 제1 뇌 신호와 상기 촉각 자극에 따라 획득된 제2 뇌 신호를 포함하는 것이고,

상기 착용형 로봇의 가속도 또는 각속도를 측정하는 센서로부터 측정한 값을 참조 신호로서 획득하는 단계를 포함하되,

상기 제1 및 제2 뇌 신호와 참조 신호는 무선 통신을 통해 뇌 신호 전송부 및 뇌 신호 수신부에 의해 획득되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

(c-1) 상기 참조 신호에 기초하여 상기 제1 및 제 2 뇌 신호로부터 상기 움직임 잡음을 제거하는 단계;

(c-2) 상기 제1 뇌 신호에 기초하여 보행 시작 의도를 검출하는 단계;

(c-3) 상기 제1 및 제2 뇌 신호의 특징을 결합하여 움직임 의도를 검출하는 단계; 및

(c-4) 상기 제1 뇌 신호의 변화 주기 및 강도에 기초하여 보행 속도 및 보행 보폭을 결정하고, 상기 착용형 로봇의 다리 움직임을 인식하는 단계를 포함하는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 (c-1) 단계는

상기 제1 및 제2 뇌 신호와 상기 참조 신호로부터 내부 잡음 성분을 제거하고, 특정 주파수 대역으로 필터링하는 전처리 단계;

상기 참조 신호를 이용한 제약적 독립성분 분석(Constrained independent component analysis, C-ICA)을 통해 상기 제1 및 제2 뇌 신호로부터 추정된 움직임 잡음을 추출하는 단계; 및

적응형 필터(Adaptive filter)를 통해 상기 제1 및 제2 뇌 신호로부터 상기 추정된 움직임 잡음을 제거하여 상기 움직임 잡음이 제거된 제1 및 제2 뇌 신호를 획득하는 단계를 포함하되,

상기 움직임 잡음 분류기는 상기 추정된 움직임 잡음을 걸음 단위 기반으로 템플릿을 구성하여 학습되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 (c-2) 단계는

상기 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기 학습된 상기 보행 시작 의도 분류기를 이용하여 사용자의 보행 시작 의도를 검출하는 단계를 포함하되,

상기 보행 시작 의도 분류기는 기 수집된 상기 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기계학습 알고리즘을 통해 학습되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 (c-3) 단계는

상기 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴으로 추출한 특징과, 상기 제2 뇌 신호를 주파수 패턴으로 추출한 특징을 결합하고, 기 학습된 상기 움직임 의도 분류기를 이용하여 사용자의 움직임 의도를 검출하는 단계를 포함하되,

상기 움직임 의도 분류기는 기 수집된 상기 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 상기 제2 뇌 신호를 자극의 주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 추출된 두 특징을 결합한 하나의 특징벡터에 기초하여 기계학습 알고리즘을 통해 학습되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 (c-4) 단계는

상기 제1 뇌 신호의 지속 시간과 변화하는 시간을 포함하는 주파수의 주기에 따라 특징을 추출하여 보행 속도로 결정하고, 상기 제1 뇌 신호의 강도에 따라 특징을 추출하여 보행 보폭을 결정하는 단계를 포함하는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법.

청구항 8

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치에 있어서,

움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 프로그램이 저장된 메모리, 및
 상기 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되,
 상기 프로세서는 상기 프로그램의 실행에 따라, 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시하고,
 움직임 동작 상상과 상기 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득하고,
 상기 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 상기 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하고,
 각 움직임에 대한 상기 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 상기 움직임 의도를 상기 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기에 전달하고,
 상기 착용형 로봇이 상기 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 상기 제어 명령 수신기에 의해 상기 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하되,
 상기 뇌 신호 분류기는,
 상기 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고,
 상기 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 상기 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단하는 것인,
 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,
 상기 뇌 신호는
 상기 착용형 로봇의 움직임에 의해 발생하는 움직임 잡음을 포함하는 것이되, 상기 움직임 동작 상상에 따라 획득된 제1 뇌 신호와 상기 촉각 자극에 따라 획득된 제2 뇌 신호를 포함하는 것이고,
 상기 프로세서는
 상기 착용형 로봇의 가속도 또는 각속도를 측정하는 센서로부터 측정된 값을 참조 신호로서 획득하되,
 상기 제1 및 제2 뇌 신호와 참조 신호는 무선 통신을 통해 뇌 신호 전송부 및 뇌 신호 수신부에 의해 획득되는 것인,
 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,
 상기 프로세서는
 상기 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 경우,
 상기 참조 신호에 기초하여 상기 제1 및 제 2 뇌 신호로부터 상기 움직임 잡음을 제거하고,
 상기 제1 뇌 신호에 기초하여 보행 시작 의도를 검출하고,
 상기 제1 및 제2 뇌 신호의 특징을 결합하여 움직임 의도를 검출하고,
 상기 제1 뇌 신호의 변화 주기 및 강도에 기초하여 보행 속도 및 보행 보폭을 결정하고, 상기 착용형 로봇의 다리 움직임을 인식하는 것인,
 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 움직임 잡음을 제거하는 경우,

상기 제1 및 제2 뇌 신호와 상기 참조 신호로부터 내부 잡음 성분을 제거하고, 특정 주파수 대역으로 필터링하는 전처리를 수행하고,

상기 참조 신호를 이용한 제약적 독립성분 분석(Constrained independent component analysis, C-ICA)을 통해 상기 제1 및 제2 뇌 신호로부터 추정된 움직임 잡음을 추출하고,

적응형 필터(Adaptive filter)를 통해 상기 제1 및 제2 뇌 신호로부터 상기 추정된 움직임 잡음을 제거하여 상기 움직임 잡음이 제거된 제1 및 제2 뇌 신호를 획득하는 것이되,

상기 움직임 잡음 분류기는 상기 추정된 움직임 잡음을 걸음 단위 기반으로 템플릿을 구성하여 학습되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 보행 시작 의도를 검출하는 경우,

상기 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기 학습된 상기 보행 시작 의도 분류기를 이용하여 사용자의 보행 시작 의도를 검출하는 것이되,

상기 보행 시작 의도 분류기는 기 수집된 상기 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기계학습 알고리즘을 통해 학습되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 움직임 의도를 검출하는 경우,

상기 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴으로 추출한 특징과, 상기 제2 뇌 신호를 주파수 패턴으로 추출한 특징을 결합하고, 기 학습된 상기 움직임 의도 분류기를 이용하여 사용자의 움직임 의도를 검출하는 것이되,

상기 움직임 의도 분류기는 기 수집된 상기 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 상기 제2 뇌 신호를 자극의 주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 추출된 두 특징을 결합한 하나의 특징벡터에 기초하여 기계학습 알고리즘을 통해 학습되는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 다리 움직임을 인식하는 경우,

상기 제1 뇌 신호의 지속 시간과 변화하는 시간을 포함하는 주파수의 주기에 따라 특징을 추출하여 보행 속도로 결정하고, 상기 제1 뇌 신호의 강도에 따라 특징을 추출하여 보행 보폭을 결정하는 것인,

뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 뇌-기계 인터페이스(Brain-machine interface) 기술은 사람의 뇌에서 일어나는 신경 세포들의 활동에 의해 발생하는 신호들을 측정하여 특정한 입력장치 없이 뇌 신호만으로 컴퓨터 및 기계와 같은 출력장치의 제어가 가능하게 하는 기술이다. 뇌-기계 인터페이스는 주로 신체부위의 동작 상상(Motor imagery, MI), 정상상태유발전위(Steady state evoked potential, SSEP), 사건유발전위(Event related potential, ERP) 등의 특정한 뇌 신호 패턴을 유도하여 사용자의 의도를 인식한다. 이러한 뇌-기계 인터페이스는 운동 능력에 장애가 있는 환자들에게 재활 보조 및 재활 훈련 장치로 사용될 수 있다. 특히, 로봇 기술이 발달함에 따라 인체에 착용되어 보행을 돕는 착용형 로봇이 개발되고 있다. 착용형 로봇은 특정한 입력 장치에 의하여 작동된다. 이러한 착용형 로봇이 뇌-기계 인터페이스 기술에 의해 특정한 입력장치 없이 작동될 수 있다. 하지만 착용형 로봇은 착용 후 움직임에 따라 뇌 신호에 왜곡이 일어나는 등 움직임 잡음 성분이 많이 포함되어 사용자의 의도를 인식하는데 어려움을 겪는다. 따라서 움직임 잡음을 효과적으로 제거할 수 있는 기술이 필요하다. 또한 재활 측면에 있어서, 동작 상상은 신경가소성을 증가시켜 뇌 영역의 치료를 돕는 효과가 규명되고 있다.

[0003] 그러나 현재 동작 상상 기술은 주로 왼손, 오른손, 발, 허의 동작 상상만을 구별 가능하며, 특히 발의 동작 상상의 경우, 대뇌의 운동-감각 피질 구조상 오른발과 왼발의 동작 상상을 구별하지 못하는 한계가 있다. 직관적인 보행 로봇의 제어에서는 움직이는 해당 발의 움직임을 상상하거나 집중하는 등의 사용자 의도 검출이 필요하다. 따라서 효율적인 보행 재활에 있어 양 발의 개별적인 분류 기술이 필요하다.

[0004] 이와 관련하여 대한민국 특허등록 제10-0696275호(발명의 명칭: 뇌-기계 인터페이스 작동을 위한 무선 시스템 및 그의 제어방법)는 뇌 신호를 사용하여 움직임을 가진 기계 장치의 기능을 제어하는 종래 인터페이스를 개시하고 있다. 또한, 대한민국 특허등록 제10-1566788호(발명의 명칭: 하지기능 및 보행기능을 위한 뇌-컴퓨터 인터페이스를 기반한 기능적 전기자극치료가)는 뇌-기계 인터페이스를 기반으로 보행 재활 훈련 및 보행 보조를 하는 종래 기술을 개시하고 있으며, 대한민국 특허등록 제10-1656739호(발명의 명칭: 뇌파 기반의 착용형 로봇의 제어 장치 및 방법)는 뇌 신호를 사용하여 착용형 로봇을 제어하는 기술을 개시하고 있다. 또한, 대한민국 특허등록 제10-1518575호(발명의 명칭: BCI를 위한 사용자 의도인지 분석 방법)와 대한민국 특허공개 제10-2018-0036503호(발명의 명칭: 뇌 신호 기반 기기 제어를 위한 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치 및 방법)는 사용자의 뇌 신호로부터 사용자의 의도를 분석하는 방법을 개시하고 있다.

[0005] 그러나 상기 언급된 기술들은 뇌 신호를 이용해 보행 장치를 제어하고, 뇌파를 이용해 사용자 의도를 분석하고 있으나, 직관적으로 의도를 구분하기 어렵다는 점에서 문제가 있다.

[0006] 특허 제10-0696275호의 경우는 뇌 신호를 이용하여 운동성을 가진 기계 장치를 원격으로 조정하기 위한 무선 원격 시스템과 그를 제어하는 방법으로써, 기계 장치의 방향 (전-후, 좌-우), 속도 및 다른 적절한 기능 (정적, 전조동, 엔진음 등)을 포함한다. 특허 제10-1566788호의 경우는 뇌-컴퓨터 인터페이스를 이용하여 환자가 하지기능 및 보행 기능을 훈련하는 전기자극치료가으로써, 환자의 재활 훈련을 보조하는 기술이다. 하지만 기계 장치와 직접적인 상호작용을 하는 착용형 로봇이 아니라는 점에서 직관적인 움직임에 따른 사용이 아니라는 점에서 한계가 있다.

[0007] 특허 제10-1656739호의 경우는 뇌 신호를 이용하여 착용형 로봇을 제어하는 장치 및 방법으로써, 기계가 움직일 때 발생하는 잡음을 제거하는 기술을 포함한다. 하지만 움직임을 직접적으로 상상하는 등 직관적인 태스크가 아니라는 점에서 한계가 있다.

[0008] 특허 제10-1518575호의 경우는 뇌 신호를 이용하여 사용자의 의도를 분석하는 방법으로써, 사용자의 움직임 상상에 따라 나타나는 특징을 분석하고 그 의도를 파악하는 기술을 포함한다. 또한 특허 제10-2018-0036503호의 경우는 뇌 신호를 이용하여 복수의 사용자 의도를 분석하는 방법으로써, 기 수집된 데이터로 움직임 상상에 따라 나타나는 특징을 통해 복수의 분류기를 가진 분류기 앙상블 기술을 포함한다. 이 기술들은 왼손, 오른손, 발, 혹은 허의 움직임 상상을 사용하여 사용자 의도를 분류하지만, 왼발, 오른발의 움직임 상상으로 의도를 구분하기 어렵다는 점에서 한계가 있다.

[0009] 보다 직관적인 보행 제어를 위해서는 오른발과 왼발을 움직이고자 하는 의도를 구분하는 것이 중요하다. 따라서

뇌 신호에서 오른발 및 왼발의 움직임 의도 분류가 가능한 뇌 신호 기반 착용형 로봇 제어 시스템이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 착용형 로봇의 움직임에 따른 잡음을 제거하고, 사용자의 뇌 신호에서 오른발 및 왼발의 움직임 의도를 각각 분류하여 인식하고, 이에 따라 착용형 로봇을 제어하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0011] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 컴퓨터 장치에 의해 수행되는, 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법은 (a) 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시하는 단계; (b) 움직임 동작 상상과 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득하는 단계; (c) 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 단계; (d) 각 움직임에 대한 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 움직임 의도를 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기에 전달하는 단계; 및 (e) 착용형 로봇이 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 제어 명령 수신기에 의해 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하는 단계를 포함하되, 뇌 신호 분류기는, 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고, 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단한다.

[0013] 또한, 본 발명의 제 2 측면에 따른 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치는 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 프로그램이 저장된 메모리, 및 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되, 프로세서는 프로그램의 실행에 따라, 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시하고, 움직임 동작 상상과 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득하고, 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하고, 각 움직임에 대한 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 움직임 의도를 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기에 전달하고, 착용형 로봇이 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 제어 명령 수신기에 의해 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하되, 뇌 신호 분류기는, 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고, 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은 뇌-기계 인터페이스 기반의 착용형 로봇을 제어함에 있어 사용자가 오른발 및 왼발을 각각 제어 가능하게 한다. 이는 착용형 로봇의 사용자에게 다양한 보행이 가능하게 한다. 이를 통해 하지 마비 환자들의 재활 훈련에서 더욱 다양한 훈련 방법으로써 적용이 가능하며, 보다 능동적이고 참여율이 높은 하지 재활 훈련이 가능하다.

[0015] 또한, 본 발명은 뇌 신호를 사용하기 때문에 환자들뿐만이 아니라 정상인을 대상으로 하는 뇌-기계 인터페이스 기반의 다양한 응용 기술로서 사용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 시스템의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 시스템의 세부 구성 요소를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호 처리부의 각 단계 별 분류기 및 분류되는 클래스를 도시한 구성도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호 처리부의 학습 과정을 설명하기 위한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호 처리부의 실사용 과정을 설명하기 위한 순서도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 잡음 제거부의 움직임 잡음 제거 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 움직임 의도 검출부의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 다리 움직임 인식부의 분석 과정과 인식된 보행 속도 및 보행 보폭의 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0018] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0019] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다. 한편, '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, '~부'는 어드레싱 할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 또는 보안 멀티미디어카드 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.
- [0020] 이하에서 언급되는 "시스템"은 네트워크를 통해 서버나 타 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터나 휴대용 단말기로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(desktop), 랩톱(laptop) 등을 포함한다.
- [0021] 휴대용 단말기는 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치이고, 예를 들어 스마트폰, 태블릿 PC 또는 노트북 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치일 수 있다.
- [0022] 또한, 네트워크는 단말들 및 서버들과 같은 각각의 노드 상호 간에 정보 교환이 가능한 연결 구조를 의미하는 것으로, 근거리 통신망(LAN: Local Area Network), 광역 통신망(WAN: Wide Area Network), 인터넷(WWW: World Wide Web), 유무선 데이터 통신망, 전화망, 유무선 텔레비전 통신망 등을 포함한다. 무선 데이터 통신망의 일례에는 3G, 4G, 5G, 3GPP(3rd Generation Partnership Project), LTE(Long Term Evolution), WIMAX(World Interoperability for Microwave Access), 와이파이(Wi-Fi), 블루투스 통신, 적외선 통신, 초음파 통신, 가시광 통신(VLC: Visible Light Communication), 라이파이(LiFi) 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다.
- [0023] 한편, 착용형 로봇은 기존의 재활치료사들을 대체 가능하며, 정량적인 보행 훈련이 가능하여 훈련강도 및 방법 등의 다양한 재활 훈련을 가능하게 한다. 이에 따라 최근 하지 마비환자들의 보행 재활 훈련에서 착용형 하지 보행 로봇이 사용되고 있다.
- [0024] 또한, 뇌-기계 인터페이스 분야에서 뇌 신호를 기반으로 하여 착용형 로봇을 제어하는 시도들이 증가하고 있다. 이는 사용자의 움직이고자 하는 의도를 이용하여 착용형 로봇을 제어함으로써 뇌의 신경가소성을 증가 시키는

효과가 있다.

- [0025] 이하에서는 두피에서 뇌파를 측정하여 신호처리 과정을 거쳐 사용자의 보행 의도를 인식하여 착용형 로봇을 제어할 수 있는 시스템을 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 시스템의 블록도이다.
- [0027] 도 1을 참조하면 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 시스템은 양발 움직임의 의도 검출을 위한 구별적인 뇌파를 유도하기 위해 사용자의 왼발 및 오른발에 각각 부착되어 각기 다른 특정 주파수 진동을 발생시키는 촉각 자극 제시부(10), 발 움직임 동작 상상 및 발 촉각 자극에 의해 발현되는 뇌 신호와 움직임 잡음을 측정하는 뇌 신호 수집부(20), 사용자의 움직임 의도를 검출하기 위해 발 움직임 동작 상상과 발 촉각 자극에 의해 발현되는 뇌 신호를 분석하고 의도를 검출하는 뇌 신호 처리부(30) 및 사용자 의도에 따라 착용형 로봇의 양발과 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하기 위한 제어부(40)를 포함한다.
- [0028] 따라서, 본 발명은 착용형 로봇이 움직임에 따라 발생하는 잡음 성분을 제거해 뇌 신호를 명확히 할 수 있고, 사용자의 오른발과 왼발의 움직임에 대한 의도를 각각 검출하여 착용형 로봇을 제어할 수 있다는 효과가 있다.
- [0029] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 시스템에 대하여 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 시스템의 세부 구성 요소를 도시한 도면이다.
- [0031] 도 2를 참조하면, 촉각 자극 제시부(10)는 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시한다. 예를 들어, 촉각 자극 제시부(10)는 각각 다른 특정 주파수로 진동하는 두 개의 촉각 자극기가 오른발과 왼발에 각각 부착되도록 구성될 수 있다.
- [0032] 예시적으로, 도 2에 도시된 것처럼, 촉각 자극 제시부(10)는 사용자의 뇌 신호에서 왼발과 오른발에 대한 뇌 신호(특정 주파수 대역)를 유발하기 위한 촉각 자극을 제시하는 역할을 한다. 예를 들어, 촉각 자극은 사용자의 양 발 또는 하지의 체감각 영역에 패드 형상의 촉각 자극기가 각각 부착되어 진동 형태로 제시될 수 있다. 이때 촉각 자극기는 특정 주파수로 일정하게 진동하거나 특정 주파수 패턴으로 변화하도록 진동할 수 있으며, 각기 다른 발에 부착한 촉각 자극의 진동수는 동일하지 않도록 한다. 즉, 촉각 자극 제시부(10)는 사용자의 양 발에 촉각 자극을 발생시키는 장치를 부착하여 사용자의 하지 움직임 상상을 편리하게 하도록 도울 수 있다. 또한 하지의 움직임 동작 상상에 관한 뇌 신호와 촉각 자극에 의해 발현되는 뇌 신호의 발생 시, 진동 자극에 대한 정보(가속도 신호)를 반영하여 사용자가 의도하고 있는 발을 정확하게 추정할 수 있다.
- [0033] 뇌 신호 수집부(20)는 움직임 동작 상상과 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득한다. 구체적으로, 뇌 신호 수집부(20)는 하지의 움직임 동작 상상에 따른 뇌 신호와 촉각 자극 제시부(10)의 진동(촉각 자극)에 따른 뇌 신호를 수집할 수 있다. 즉, 뇌 신호는 착용형 로봇(40-3)의 움직임에 의해 발생하는 움직임 잡음을 포함하며, 움직임 동작 상상에 따라 획득된 제1 뇌 신호와 촉각 자극에 따라 획득된 제2 뇌 신호로 구성될 수 있다. 구체적으로, 뇌 신호는 사용자의 움직임 동작 상상 및 촉각 자극에 대한 뇌 신호와 착용형 로봇(40-3)의 움직임에 따른 잡음 성분이 포함된다. 뇌 신호는 8~16 Hz 범위(동작 상상 범위)와 촉각 자극의 주파수 범위를 포함하여 대역 통과 필터링되며, 전원 잡음을 제거하기 위해 노치 필터(notch filter)가 사용된다.
- [0034] 예시적으로, 도 2에 도시된 것처럼, 뇌 신호 수집부(20)는 착용형 로봇(40-3)에 적용하기 위해 무선 통신을 이용하는 뇌 신호 무선 전송기(20-1) 및 뇌 신호 무선 수신기(20-2)를 포함할 수 있다. 뇌 신호 무선 전송기(20-1)는 사용자로부터 제1 및 제2 뇌 신호와 참조 신호를 수집하여 후술하는 뇌 신호 처리부(30)와 연결된 뇌 신호 무선 수신기(20-2)로 전송할 수 있다. 여기서, 참조 신호는 착용형 로봇(40-3)의 가속도 또는 각속도를 측정하는 센서로부터 측정된 값일 수 있다. 일 예로, 뇌 신호 수집부(20)는 뇌전도(Electroencephalogram, EEG)를 이용하여 사용자의 오른발 및 왼발의 동작 상상에 대한 제1 뇌 신호와 촉각 자극에 대한 제2 뇌신호, 착용형 로봇(40-3)에 의한 움직임 잡음 및 움직임에 따른 가속도(또는 각속도) 센서의 데이터를 수집할 수 있다.
- [0035] 또한 뇌 신호 수집부(20)는 국제 10-20 전극 배치 방법에 따라 두정엽(Parietal lobe)의 3개의 채널(C1, Cz, C2)을 가능한 포함하도록 32, 64, 128 및 256개의 전극이 대뇌 양반구 위에 거의 같은 간격으로 배치될 수 있으나 이에 한정된 것은 아니다. 또한 샘플링 주파수는 1000Hz의 주파수로 뇌 신호를 수집할 수 있다. 그러나, 채

널 위치 또는 샘플링 주파수는 고정된 것은 아니며 상황에 따라 변동될 수 있다.

- [0036] 예를 들면, 사용자는 하지의 오른발 또는 왼발의 움직임 동작 상상하거나, 촉각 자극을 받을 수 있으며, 뇌 신호 수집부(20)는 이와 같은 뇌 신호(제1 및 제2 뇌신호)를 수집할 수 있다.
- [0037] 뇌 신호 처리부(30)는 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 장치를 구성하며, 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 프로그램이 저장된 메모리, 및 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함한다. 여기서, 프로세서는 프로그램의 실행에 따라, 다양한 기능을 수행할 수 있는 데, 각 기능에 따라 프로세서에 포함되는 세부 모듈들을 잡음 제거부(310), 보행 시작 의도 검출부(320), 움직임 의도 검출부(330) 및 다리 움직임 인식부(340)로 나타낼 수 있다.
- [0038] 또한 프로세서는 뇌 신호(제1 및 제2 뇌 신호) 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단할 수 있다. 여기서 뇌 신호 분류기는, 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고, 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단할 수 있다.
- [0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호 처리부(30)의 각 단계 별 분류기 및 분류되는 클래스를 도시한 구성도이다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 뇌 신호 분류기(31)는 뇌 신호 데이터가 움직임 잡음 분류기(311), 보행 시작 의도 분류기(321) 및 움직임 의도 분류기(331) 순으로 직렬로 통과하도록 생성될 수 있다. 예시적으로, 움직임 잡음 분류기(311)는 입력된 뇌 신호 데이터를 잡음/뇌 신호 클래스로 분류할 수 있다. 보행 시작 의도 분류기(321)는 보행 시작/ 멈춤 클래스로 분류할 수 있다. 움직임 의도 분류기(331)는 왼발/오른발 클래스로 분류할 수 있다.
- [0041] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호 처리부(30)의 학습 과정을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0042] 도 4를 참조하면, 뇌 신호 처리부(30)는 기 수집된 제1 및 제2 뇌 신호에서 움직임 잡음을 걸음 단위 기반으로 템플릿을 구성하여 움직임 잡음 분류기(311)를 학습할 수 있다(S410). 이어서, 기 수집된 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기계학습 알고리즘을 통해 보행 시작 의도 분류기(321)를 학습할 수 있다(S420). 다음으로, 기 수집된 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 제2 뇌 신호를 자극의 주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 추출된 두 특징을 결합한 하나의 특징벡터에 기초하여 기계학습 알고리즘을 통해 움직임 의도 분류기(331)를 학습할 수 있다(S430). 즉, 뇌 신호 처리부(30)는 상술한 학습 과정을 통해 도 3에 도시된 각 클래스로 분류하는 뇌 신호 분류기(31)를 형성할 수 있다. 또한, 후술하는 도 5를 참조하면 뇌 신호 처리부(30)는 실사용 과정을 통해 실시간으로 수집되는 제1 및 제2 뇌 신호에 대해 기 학습된 뇌 신호 분류기(31)를 이용하여 클래스를 분류할 수 있다. 즉, 각 기능을 수행하는 잡음 제거부(310), 보행 시작 의도 검출부(320), 움직임 의도 검출부(330) 및 다리 움직임 인식부(340)가 뇌 신호 분류기(31)를 이용하여 실시간으로 수집되는 제1 및 제2 뇌 신호를 각 클래스로 분류할 수 있다.
- [0043] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호 처리부(30)의 실사용 과정을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0044] 도 5를 참조하면, 뇌 신호 처리부(30)는 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 경우 잡음 제거부(310)를 통해 참조 신호에 기초하여 제1 및 제2 뇌 신호로부터 움직임 잡음을 제거할 수 있다(S510). 이어서 보행 시작 의도 검출부(320)를 통해 제1 뇌 신호에 기초하여 보행 시작 의도를 검출할 수 있다(S520). 또한 움직임 의도 검출부(330)를 통해 제1 및 제2 뇌 신호의 특징을 결합하여 움직임 의도를 검출할 수 있다(S530). 다음으로, 다리 움직임 인식부(340)를 통해 제1 뇌 신호의 변화 주기 및 강도에 기초하여 보행 속도 및 보행 보폭을 결정하고, 착용형 로봇의 다리 움직임을 인식할 수 있다(S540).
- [0045] 예시적으로, 수집된 뇌 신호는 착용형 로봇의 움직임으로 인해 잡음성분이 포함된다. 이에 따라 S510단계에서 잡음 제거부(310)는 사용자의 움직임 의도를 명확하게 검출하기 위해, 수집된 뇌 신호(제1 및 제2 뇌 신호)에서 걸음 단위 기반으로 시간-주파수 특징을 이용한 전처리를 수행하여 움직임 잡음 분류기(311)를 통해 학습하고 불필요한 움직임 잡음을 제거할 수 있다. S520단계에서 보행 시작 의도 검출부(320)는 사용자의 발 움직임 동작 상상 시에 발현되는 뇌 신호(제1 뇌 신호)를 통해 보행 시작 의도 분류기(321)를 학습하고, 공통 공간 패턴(Common spatial pattern) 알고리즘을 통해 공간 정보를 분석하여 하지의 움직임 시작 의도가 발생하는 것을 인식할 수 있다. S530단계에서 움직임 의도 검출부(330)는 발 움직임 동작 상상 시에 발현되는 뇌 신호(제1 뇌 신호)와 촉각 자극의 집중 시에 발현되는 뇌 신호(제2 뇌 신호)를 통해 시간-주파수 분석과 자극의 주파수를 분석하여 움직임 의도 분류기(331)를 학습하고, 움직임 의도를 검출할 수 있다. S540단계에서 다리 움직임 인식부

(340)는 왼발 또는 오른발의 움직임 동작 상상 시에 발현되는 뇌 신호(제1 뇌 신호)의 의도가 변화하는 시간(동작 상상을 수행하는 시간에 따른 주파수의 주기 및 변환 시점)과 움직임 동작 상상의 강도 세기의 특징을 이용하여 보행 속도와 보행 보폭의 의도를 인식할 수 있다.

[0046] 따라서, 뇌 신호 처리부(30)는 시간 영역의 뇌 신호를 주파수 영역으로 변환하여 양 발에 부착한 촉각 자극의 진동수에 대한 주파수 특징과 동작 상상에 의한 뇌 신호의 시간-주파수 특징을 통해 사용자가 움직이고자 하는 특정 하지의 의도를 인식할 수 있다.

[0047] 이하에서는 도 6 내지 도 8을 참조하여 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기(31)에 기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 각 단계를 구체적으로 설명하도록 한다.

[0048] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 잡음 제거부(310)의 움직임 잡음 제거 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 일 예로, 잡음 제거부(310)는 독립성분 분석(C-ICA)을 통해 근전도(Electromyography, EMG), 안구 움직임(Electro-oculography, EOG) 또는 눈 깜빡임 등에 의한 내부 잡음 성분을 제거하고, 특정 주파수 대역으로 필터링 하는 등의 전처리 과정을 진행할 수 있다. 이때 착용형 로봇의 움직임에 의해 발생하는 움직임 잡음은 뇌 신호를 왜곡시켜 사용자의 의도를 인식하는데 어려움을 주기 때문에 전처리 과정에서 제거해야 한다.

[0050] 도 6을 참조하면 S510단계에서, 잡음 제거부(310)는 제1 및 제2 뇌 신호와 참조 신호로부터 내부 잡음 성분을 제거하고, 특정 주파수 대역으로 필터링하는 전처리를 수행할 수 있다. 이어서, 참조 신호를 이용한 제약적 독립성분 분석(Constrained independent component analysis, C-ICA)을 통해 제1 및 제2 뇌 신호로부터 추정된 움직임 잡음을 추출할 수 있다. 다음으로, 적응형 필터(Adaptive filter)를 통해 제1 및 제2 뇌 신호로부터 추정된 움직임 잡음을 제거하여 잡음이 제거된 제1 및 제2 뇌 신호를 획득할 수 있다.

[0051] 예시적으로, 뇌 신호 처리부(30)는 뇌 신호를 측정할 때 생체 신호가 아닌 가속도 센서 등의 신호를 참조 신호로 측정하며, 이와 같은 가속도 신호가 움직임의 신호를 대표하는 참조 신호의 역할을 한다. 이에 따라, 잡음 제거부(310)는 참조 신호를 이용하여 제약적 독립성분 분석(C-ICA)으로 제1 및 제2 뇌 신호로부터 움직임 잡음을 추정하여 추출할 수 있다. 그리고 적응형 필터를 이용하여 움직임 잡음으로 추정된 제1 및 제2 뇌 신호로부터 잡음을 제거할 수 있다.

[0052] S520단계에서, 보행 시작 의도 검출부(320)는 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기 학습된 보행 시작 의도 분류기(321)를 이용하여 사용자의 보행 시작 의도를 검출할 수 있다.

[0053] 예시적으로, 보행 시작 의도 검출부(320)는 사용자가 보행을 시작할 지에 대한 의도를 검출하기 위해, 먼저 기 수집된 제1 및 제2 뇌 신호를 이용해 보행 시작 의도 분류기(321)를 학습한다. 이때, 동작 상상을 통해 발현되는 뇌파의 특징을 공통 공간 패턴을 이용하여 추출하고, 기계학습 기반의 알고리즘으로 보행 시작 의도 분류기(321)를 학습할 수 있다. 여기서 사용자의 보행 시작 의도를 분류하기 위한 보행 시작 의도 분류기(321)로써, 선형판별분석법(Linear discriminant analysis, LDA), 가우시안 혼합 모델(Gaussian Mixture Model, GMM), 서포트벡터머신(Support vector machine, SVM), 인공신경망(Artificial neural networks, ANN), 및 합성곱 신경망(Convolutional neural networks, CNN) 중 적어도 하나를 적용할 수 있다. 이후, 보행 시작 의도 검출부(320)는 실시간으로 수신되는 제1 및 제2 뇌 신호에 공통 공간 패턴 알고리즘을 적용하여 발 움직임 상상 특징을 추출하고, 기 학습된 보행 시작 의도 분류기(321)를 이용하여 사용자의 보행 시작 의도를 검출할 수 있다. 보행 시작 의도 분류기(321)는 기 수집된 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 진술한 기계학습 알고리즘을 통해 학습될 수 있다.

[0054] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 움직임 의도 검출부(330)의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0055] 도 7을 참조하면 S530단계에서, 움직임 의도 검출부(330)는 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴으로 추출한 특징과, 제2 뇌 신호를 주파수 패턴으로 추출한 특징을 결합하고, 기 학습된 움직임 의도 분류기(331)를 이용하여 사용자의 움직임 의도를 검출할 수 있다.

[0056] 예시적으로, 도 7에 도시된 것처럼, 움직임 의도 검출부(330)는 사용자의 보행 의도가 감지되면, 왼발과 오른발의 움직이는 의도를 검출하기 위해, 먼저 기 수집된 동작 상상에 의해 발현되는 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고(S531-1), 기 수집된 촉각 자극 집중에 의해 발현되는 제2 뇌 신호를 자극의 주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성할 수 있다(S531-2). 이때 시간-주파수 패턴은 웨이블릿 변환(Wavelet transform) 또는 단시간 푸리에 변환(Short-term fourier transform)으로 추출할 수 있고, 주파수 패턴은 푸리에 변환(Fourier transform)으로 추출할 수 있다. 그리고 추출된 두 특징을 결합하여 하나의 특징벡터로 형성하

고(S532), 이를 이용하여 기계학습 기반의 움직임 의도 분류기(331)를 학습하고, 각 클래스로 분류하여 왼발 및 오른발에 대한 사용자의 움직임 의도를 검출할 수 있다(S533). 이후, 움직임 의도 검출부(330)는 실시간으로 수신되는 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴으로 추출한 특징과, 실시간으로 수신되는 제2 뇌 신호를 주파수 패턴으로 추출한 특징을 결합하고, 기 학습된 움직임 의도 분류기(331)를 이용하여 사용자의 움직임 의도를 검출할 수 있다. 움직임 의도 분류기(331)는 기 수집된 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 제2 뇌 신호를 자극의 주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 추출된 두 특징을 결합한 하나의 특징벡터에 기초하여 기계학습 알고리즘을 통해 학습될 수 있다.

[0057] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 다리 움직임 인식부(340)의 분석 과정과 인식된 보행 속도 및 보행 보폭의 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0058] 도 8을 참조하면 S540단계에서, 다리 움직임 인식부(340)는 제1 뇌 신호의 지속 시간과 변화하는 시간을 포함하는 주파수의 주기에 따라 특징을 추출하여 보행 속도로 결정하고, 제1 뇌 신호의 강도에 따라 특징을 추출하여 보행 보폭을 결정할 수 있다.

[0059] 예시적으로, 도8에 도시된 것처럼, 다리 움직임 인식부(340)는 동작 상상을 통해 발현되는 제1 뇌 신호의 지속 시간과 변화하는 시간 및 신호 강도를 특징으로 이용하여 다리 움직임을 인식할 수 있다. 즉, 다리 움직임은 보행 속도와 보행 보폭에 의해 결정되는데, 보행 속도(주파수의 주기)는 오른발과 왼발 움직임 상상의 의도가 변화하는 시간을 통해 인식될 수 있고, 걸음의 보폭(주파수의 진폭)은 오른발과 왼발에 대한 움직임 상상의 집중 강도를 통해 인식될 수 있다.

[0060] 다시 도 2를 참조하면 제어부(40)는 뇌 신호 처리부(30)에 의해, 입력된 다리 움직임에 대한 명령을 무선으로 송/수신하는 제어 명령 전송기(40-1) 및 제어 명령 수신기(40-2)를 포함한다. 구체적으로 제어부(40)는 각 움직임에 대한 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 움직임 의도를 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기(40-2)에 전달한다. 또한 착용형 로봇(40-3)이 사용자의 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 제어 명령 수신기(40-2)가 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어할 수 있다. 즉, 제어부(40)는 뇌 신호 처리부(30)로부터 도출된 각 발의 보행 속도 및 보행 보폭을 포함하는 인식 결과에 따라 착용형 로봇(40-3)에 명령을 전송하고, 착용형 로봇(40-3)이 인식된 특정 하지의 움직임으로 동작할 수 있다.

[0061] 이하의 방법은, 상술한 시스템에 의해 수행되는 것이므로, 이하에서 생략된 내용이 있더라도 상술한 설명으로 갈음하도록 한다.

[0062] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 기계 인터페이스 기반의 움직임 의도 검출에 따른 착용형 로봇 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0063] 도 9를 참조하면 본 발명은 착용형 로봇을 착용한 사용자의 왼발과 오른발에 각각 다른 촉각 자극을 제시하는 단계(S910), 움직임 동작 상상과 촉각 자극에 의해 발현되는 사용자의 뇌 신호를 획득하는 단계(S920), 뇌 신호 및 뇌 신호 분류기에 기초하여 뇌 신호에 대응하는 움직임 의도를 판단하는 단계(S930), 각 움직임에 대한 뇌 신호 분류기의 출력 값 및 움직임 의도를 사용자가 확인하도록 제어 명령 수신기에 전달하는 단계(S940) 및 착용형 로봇이 움직임 의도에 대응하는 기능을 수행하도록 제어 명령 수신기에 의해 착용형 로봇의 양발, 보행 속도 및 보행 보폭을 제어하는 단계(S950)를 포함하되, 뇌 신호 분류기는 사용자로부터 기수집된 뇌 신호에 기초하여 생성된 움직임 잡음 분류기, 보행 시작 의도 분류기 및 움직임 의도 분류기를 포함하고, 뇌 신호를 입력으로 통과시켜 움직임 의도가 복수의 움직임 중 어느 하나인지를 판단할 수 있다.

[0064] S920단계에서 뇌 신호는 착용형 로봇의 움직임에 의해 발생하는 움직임 잡음을 포함하는 것이되, 움직임 동작 상상에 따라 획득된 제1 뇌 신호와 촉각 자극에 따라 획득된 제2 뇌 신호를 포함하는 것이고, 착용형 로봇의 가속도 또는 각속도를 측정하는 센서로부터 측정된 값을 참조 신호로서 획득하는 단계를 포함하되, 제1 및 제2 뇌 신호와 참조 신호는 무선 통신을 통해 뇌 신호 전송부 및 뇌 신호 수신부에 의해 획득될 수 있다.

[0065] 다시, 도 5를 참조하면 S930단계는 참조 신호에 기초하여 제1 및 제 2 뇌 신호로부터 움직임 잡음을 제거하는 단계(S510), 제1 뇌 신호에 기초하여 보행 시작 의도를 검출하는 단계(S520), 제1 및 제2 뇌 신호의 특징을 결합하여 움직임 의도를 검출하는 단계(S530) 및 제1 뇌 신호의 변화 주기 및 강도에 기초하여 착용형 로봇의 보행 속도 및 보행 보폭을 결정하는 다리 움직임을 인식하는 단계(S540)를 포함한다.

[0066] S510단계는 제1 및 제2 뇌 신호와 참조 신호로부터 내부 잡음 성분을 제거하고, 특정 주파수 대역으로 필터링하는 전처리 단계, 참조 신호를 이용한 제약적 독립성분 분석(Constrained independent component analysis, C-ICA)을 통해 제1 및 제2 뇌 신호로부터 추정된 움직임 잡음을 추출하는 단계 및 적응형 필터(Adaptive filter)

를 통해 제1 및 제2 뇌 신호로부터 추정된 움직임 잡음을 제거하여 움직임 잡음이 제거된 제1 및 제2 뇌 신호를 획득하는 단계를 포함하되, 움직임 잡음 분류기는 추정된 움직임 잡음을 걸음 단위 기반으로 템플릿을 구성하여 학습될 수 있다.

[0067] S520단계는 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기 학습된 보행 시작 의도 분류기를 이용하여 사용자의 보행 시작 의도를 검출하는 단계를 포함하되, 보행 시작 의도 분류기는 기 수집된 제1 뇌 신호를 공통 공간 패턴 알고리즘을 이용하여 특징을 추출하고, 기계학습 알고리즘을 통해 학습될 수 있다.

[0068] S530단계는 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴으로 추출한 특징과, 제2 뇌 신호를 주파수 패턴으로 추출한 특징을 결합하고, 기 학습된 움직임 의도 분류기를 이용하여 사용자의 움직임 의도를 검출하는 단계를 포함하되, 움직임 의도 분류기는 기 수집된 제1 뇌 신호를 시간-주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 제2 뇌 신호를 자극의 주파수 패턴을 이용하여 특징벡터를 생성하고, 추출된 두 특징을 결합한 하나의 특징벡터에 기초하여 기계학습 알고리즘을 통해 학습될 수 있다.

[0069] S540단계는 제1 뇌 신호의 지속 시간과 변화하는 시간을 포함하는 주파수의 주기에 따라 특징을 추출하여 보행 속도로 결정하고, 제1 뇌 신호의 강도에 따라 특징을 추출하여 보행 보폭을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0070] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.

[0071] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0072] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

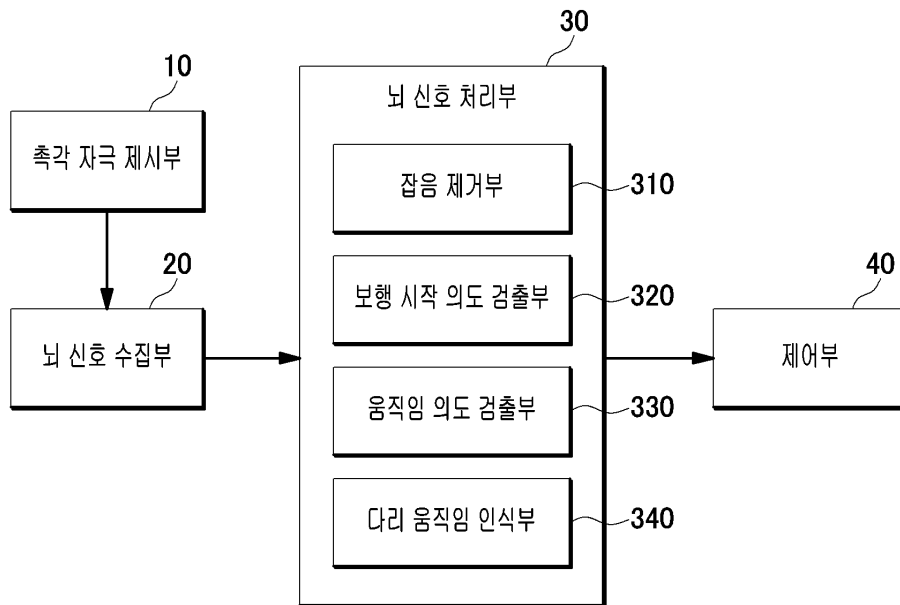
[0073] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

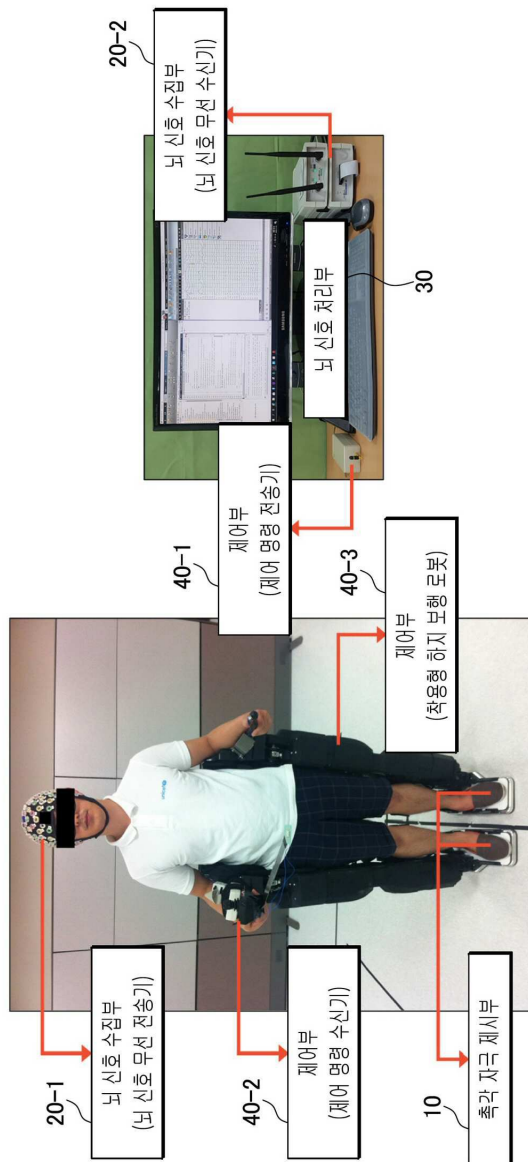
[0074] 10: 촉각 자극 제시부
20: 뇌 신호 수집부
20-1: 뇌 신호 무선 송신기 20-2: 뇌 신호 무선 수신기
30: 뇌 신호 처리부 31: 뇌 신호 분류기
310: 잡음 제거부 311: 움직임 잡음 분류기
320: 보행 시작 의도 검출부 321: 보행 시작 의도 분류기
330: 움직임 의도 검출부 331: 움직임 의도 분류기
340: 다리 움직임 인식부
40: 제어부
40-1: 제어 명령 수신기 40-2: 제어 명령 송신기
40-3: 착용형 로봔

도면

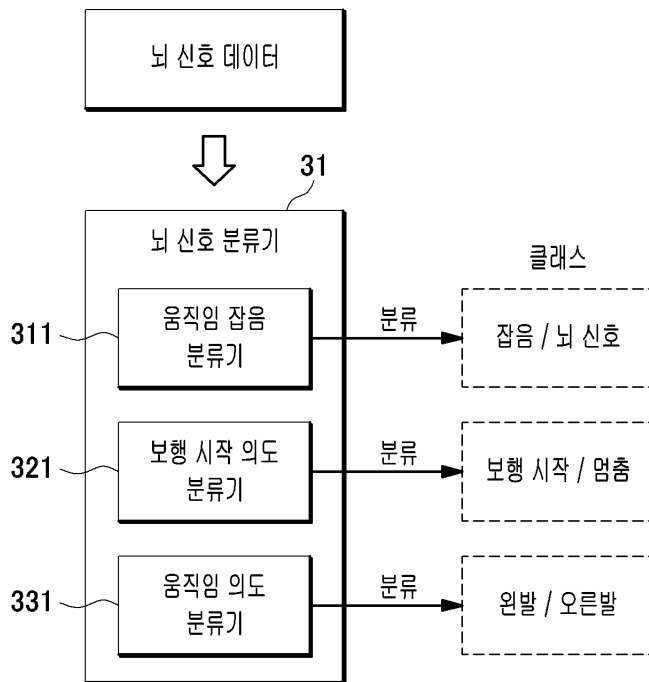
도면1



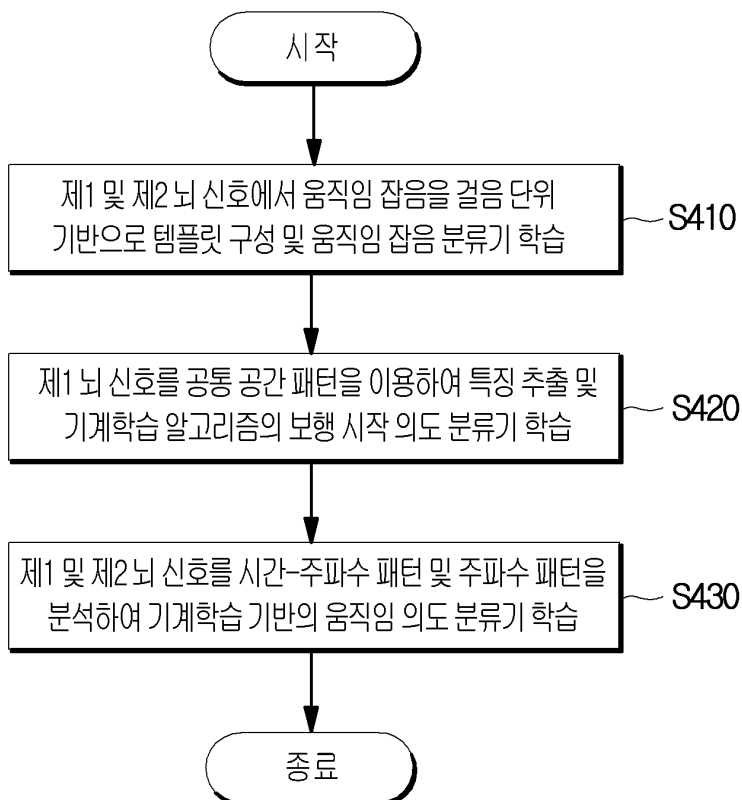
도면2



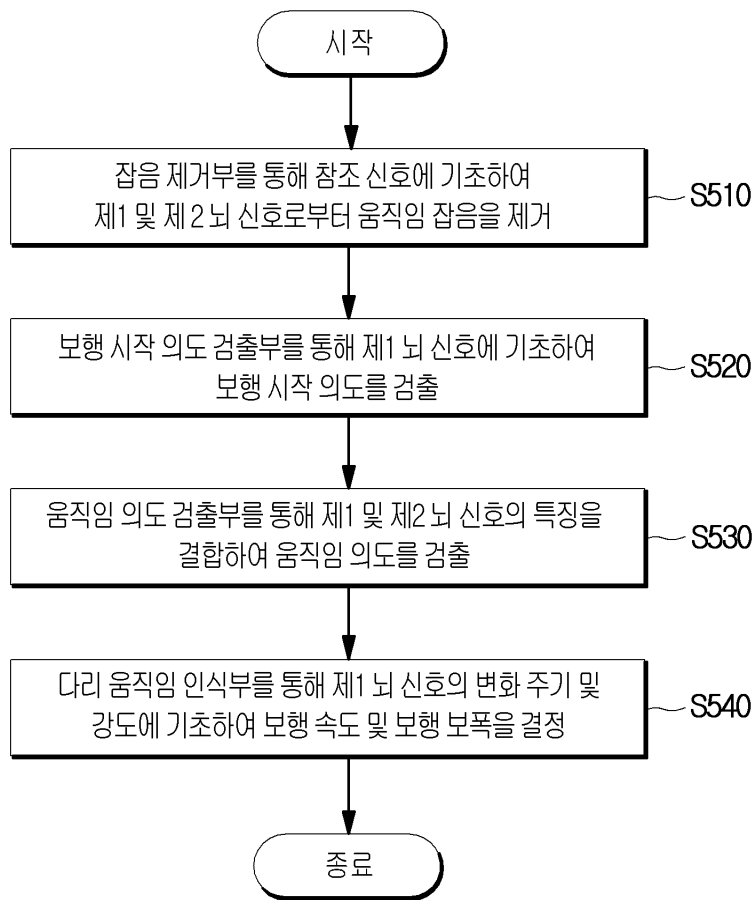
도면3



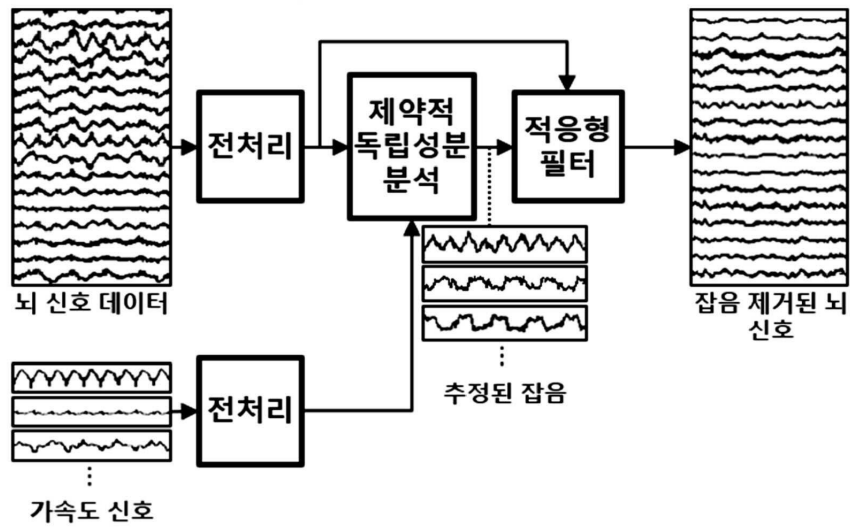
도면4



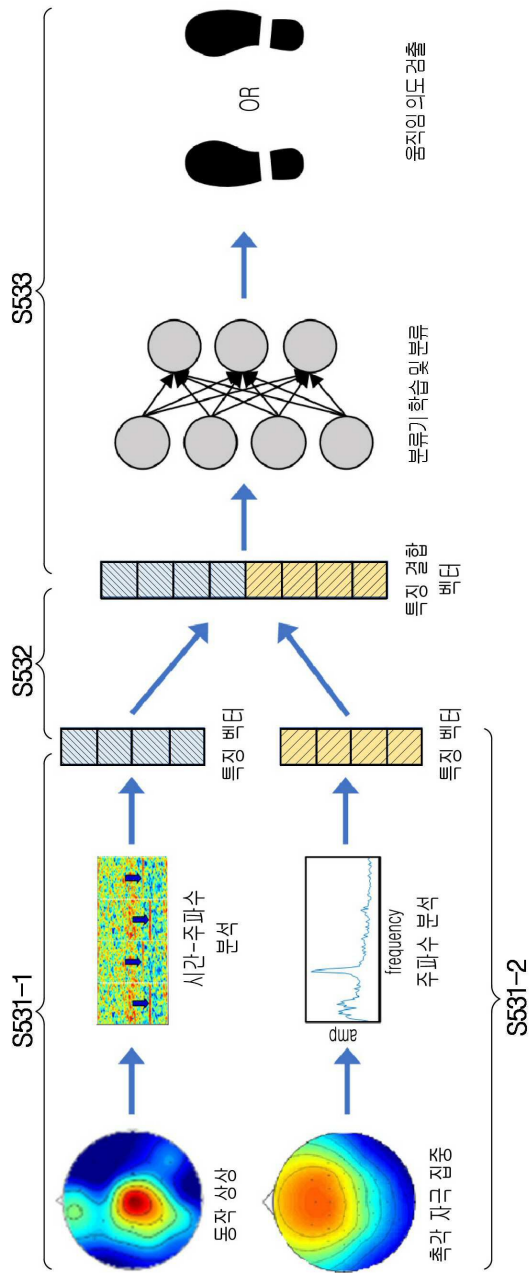
도면5



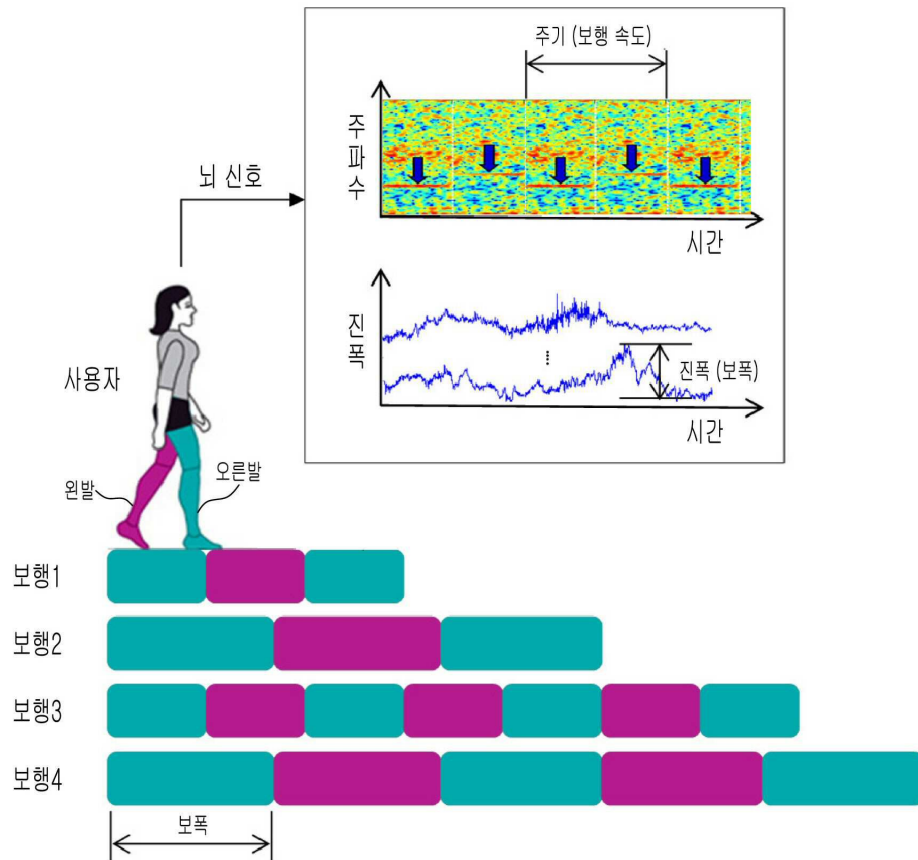
도면6



도면7



도면8



도면9

