



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0034457
(43) 공개일자 2021년03월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/369 (2021.01)
(52) CPC특허분류
G06F 3/015 (2013.01)
A61B 5/316 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2020-0018354
(22) 출원일자 2020년02월14일
심사청구일자 2020년02월14일
(30) 우선권주장
1020190116287 2019년09월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이성환
서울특별시 강남구 언주로30길 13, B-2506(도곡동, 대림아크로빌, 대림아크로텔)
윤재근
서울특별시 성북구 보문로26길 83-11(안암동1가)
이민지
서울특별시 성북구 장월로1길 28, 115동 2203호(상월곡동, 동아에코빌아파트)
(74) 대리인
윤귀상

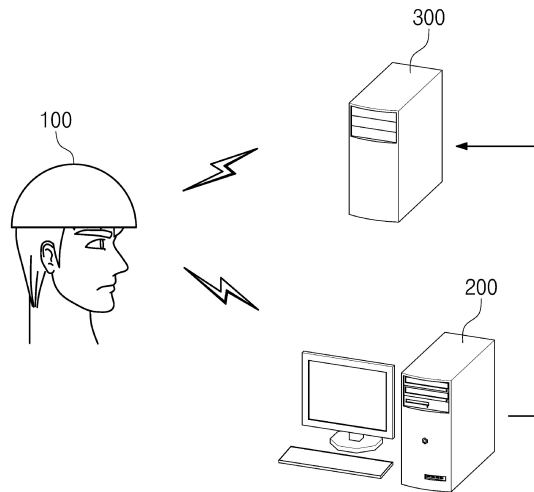
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치 및 방법

(57) 요약

뇌 신호를 수집하는 수집부; 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출하는 전처리부; 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출하는 연결 강도 산출부; 연결 강도에서의 성능 정보를 생성하는 성능 예측부; 및 상기 성능 정보를 출력하는 성능 출력부를 포함하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/369 (2021.01)

A61B 5/7207 (2013.01)

A61B 5/7475 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017-0-00451-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D)
연구과제명	(BCI-2세부) 딥러닝을 이용하여 사람의 의도를 인지하는BCI 기반 뇌인지컴퓨팅 기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2015-0-00185-005
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D)
연구과제명	(SW 스타랩) 이동 환경에서 뇌-컴퓨터 인터페이스를 위한 지능형 패턴인식 소프트웨
어 개발	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집하는 수집부;

상기 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출하는 전처리부;

복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출하는 연결 강도 산출부;

상기 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성하는 성능 예측부; 및

상기 성능 정보를 출력하는 성능 출력부를 포함하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어하는 제어부를 더 포함하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 상기 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알람을 출력하는 알람 출력부를 더 포함하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 수집부는,

췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: Lateral Parietal Area), 우측 전운동피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동피질(lPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 성능 예측부는,

적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 연결 강도 산출부는,

복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출하고, 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 연결 강도 산출부는,

상기 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출하는, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치.

청구항 8

뇌 영역 간 연결 강도에 기초한 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치를 이용하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법에 있어서,

복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집하는 단계;

상기 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출하는 단계;

복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출하는 단계;

상기 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성하는 단계; 및

상기 성능 정보를 출력하는 단계를 포함하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어하는 단계를 더 포함하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 상기 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알람을 출력하는 단계를 더 포함하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 뇌 신호를 수집하는 단계는,

PREC: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: Lateral Parietal Area), 우측 전운동피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동피질(lPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 성능 정보를 생성하는 단계는,

적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

청구항 13

제8항에 있어서, 상기 연결 강도를 산출하는 단계는,

복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출하고, 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

청구항 14

제8항에 있어서, 상기 연결 강도를 산출하는 단계는,

상기 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출하는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 뇌 신호의 양상에 따라 산출되는 뇌-컴퓨터 인터페이스에 대한 연결 강도로부터 성능을 예측하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI)는 사용자의 의도에 따라 외부 장치를 제어할 수 있는 기술로써, 일반적으로, 뇌 신호를 측정하기 위해 비침습적 뇌 신호 측정 도구인 뇌전도(Electroencephalography, EEG)를 사용한다. 이러한 뇌-컴퓨터 인터페이스는 신체가 자유롭게 움직이지 않거나, 사지 마비 환자 등의 재활 및 생활 보조 도구로써 의료분야에서 요구되고 있다. 특히, 동작 상상(Motor Imagery) 기반의 뇌-컴퓨터 인터페이스는 특정 부위에 대한 근육의 움직임을 상상하는 것으로 발생하는 뇌파를 이용하여 사용자의 의도를 파악하는 기술이며, 별도의 외부 자극 없이, 사용자의 의도를 인식할 수 있도록 연구가 활발하다. 동작 상상을 기반으로 하는 뇌-컴퓨터 인터페이스를 실생활에서 이용하기 위하여 많은 연구들이 진행되었지만, 실험 또는 피험자마다 성능의 변동이 크다는 문제점이 보고되었다. 또한, 일부 피험자들이 뇌-컴퓨터 인터페이스를 사용하는데 필요한 뇌 신호를 변조하는데 어려움을 느끼는 뇌-컴퓨터 인터페이스 문맹(BCI-illiteracy) 또는 비효율(BCI-inefficiency)현상을 가지는 것으로 나타났으며, 사용자 중 10~30%가 이러한 현상을 나타내는 것으로 밝혀졌다. 더욱이, 동작 상상은 뇌-컴퓨터 인터페이스의 다른 패러다임과 달리 자발적인 뇌 신호를 사용하여 피험자의 상태나 뇌 영역의 차이로 인해 이러한 문제가 더욱 더욱 심각하게 여겨지고 있는 바, 이에 따라, 사용자의 뇌신호에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하고, 이를 개선할 수 있는 방안이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 뇌 신호의 양상에 따라 산출되는 뇌-컴퓨터 인터페이스에 대한 연결

강도로부터 성능을 예측하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0004] 본 발명의 일측면은, 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집하는 수집부; 상기 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출하는 전처리부; 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출하는 연결 강도 산출부; 상기 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성하는 성능 예측부; 및 상기 성능 정보를 출력하는 성능 출력부를 포함할 수 있다.
- [0005] 또한, 상기 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0006] 또한, 상기 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 상기 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알람을 출력하는 알람 출력부를 더 포함할 수 있다.
- [0007] 또한, 상기 수집부는, 췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: Lateral Parietal Area), 우측 전운동 피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동 피질(lPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있다.
- [0008] 또한, 상기 성능 예측부는, 적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 연결 강도 산출부는, 복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출하고, 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 연결 강도 산출부는, 상기 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 일측면은, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초한 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치를 이용하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법에 있어서, 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집하는 단계; 상기 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출하는 단계; 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출하는 단계; 상기 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성하는 단계; 및 상기 성능 정보를 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 상기 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알람을 출력하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 뇌 신호를 수집하는 단계는, 췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: Lateral Parietal Area), 우측 전운동 피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동 피질(lPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 성능 정보를 생성하는 단계는, 적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 연결 강도를 산출하는 단계는, 복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출하고, 가장 높은

연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 연결 강도를 산출하는 단계는, 상기 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 상술한 본 발명의 일 측면에 따르면, 뇌 영역 간 연결 강도에 기초하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치 및 방법을 제공함으로써, , 뇌 신호의 양상에 따라 산출되는 뇌-컴퓨터 인터페이스에 대한 연결 강도로부터 성능을 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치를 포함하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 시스템의 개략도이다.

도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치의 제어블록도이다.

도3은 도2의 성능 예측부에서 성능 정보를 예측하는 과정을 나타내는 블록도이다.

도4는 도2의 제어부에서 휴식 상태 활성 모드로 동작하는 과정을 나타내는 블록도이다.

도5a 및 도5b는 도2의 연결 강도 산출부에서 선택되는 뇌 연결 모델의 일 실시예를 나타낸 개략도이다.

도6은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법의 순서도이다.

도7은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법에서 휴식 상태 활성 모드로 동작하도록 제어하는 단계를 나타낸 세부 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0021] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0023] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치를 포함하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 시스템의 개략도이다.

[0024] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 시스템은 뇌 신호 측정 장치(100), 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200) 및 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)를 포함할 수 있다.

[0025] 뇌 신호 측정 장치(100)는 사용자의 뇌 신호 또는 생체 신호 등을 검출하도록 적어도 하나의 전극이 마련될 수 있으며, 뇌 신호 측정 장치(100)는 전극으로부터 전달되는 뇌 신호 또는 생체 신호 등을 기록하는 측정기가 마련될 수 있다.

[0026] 여기에서, 뇌 신호는 대뇌피질의 활동에 의한 전위변화와 뇌파에 의하여 일어나는 뇌전류를 의미할 수 있으며, 이에 따라, 뇌 신호 측정 장치(100)는 뇌전류를 기록하는 뇌전도(EEG: Electroencephalography)가 이용될 수 있다.

[0027] 이와 관련하여, 뇌 신호 또는 생체 신호 등을 검출하는 전극은 습식 전극 또는 건식 전극 중 어느 하나가 이용

될 수 있으며, 측정기는 전극으로부터 유선 또는 무선 통신을 통해 뇌 신호 또는 생체 신호를 전달받을 수 있다.

- [0028] 여기에서, 뇌 신호 측정 장치(100)는 췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: right Lateral Parietal Area), 우측 전운동피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동피질(lPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역에서 뇌 신호 또는 생체 신호 등을 측정할 수 있다.
- [0029] 또한, 뇌 신호 측정 장치(100)는 내측 전전두피질(mPFC: Medial Prefrontal Cortex), 좌측 두정엽(lLP: left Lateral Parietal Area), 중대뇌동맥(MCA: Middle Cerebral Artery) 좌측 M1 분절(lM1: left M1), 중대뇌동맥(MCA: Middle Cerebral Artery) 우측 M1 분절(rM1: right M1) 등의 뇌의 영역으로부터 뇌 신호 또는 생체 신호 등을 측정할 수 있다.
- [0030] 한편, 뇌 신호 측정 장치(100)는 사용자가 휴식 상태에 있는 동안 복수개의 뇌 영역에서 뇌 신호를 측정하여, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)에 유선 또는 무선 네트워크를 이용하여 전달할 수 있다.
- [0031] 이때, 뇌 신호 측정 장치(100)는 외부의 입력에 의해 뇌 신호 또는 생체 신호의 측정을 수행할 수 있으며, 또는, 뇌 신호 측정 장치(100)는 사전에 설정되는 시간 간격마다 뇌 신호 또는 생체 신호의 측정을 수행할 수도 있다.
- [0032] 이에 따라, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있다.
- [0033] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출할 수 있다.
- [0034] 이를 위해, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 뇌 신호로부터 고속 푸리에 변환(FFT: Fast Fourier Transform) 등의 기법을 이용하여 주파수 성분을 추출할 수 있으며, 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하도록 머리 또는 안구의 움직임으로부터 발생하는 주파수 영역을 대역 차단 필터(Band Reject Filter) 등을 이용하여 제거할 수 있다.
- [0035] 또는, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음 외의 주파수 대역이 추출되도록 대역 통과 필터(Band Pass Filter)를 이용할 수도 있다.
- [0036] 이러한 경우에, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 뇌 신호를 제 1 주파수 대역을 통과시키는 제 1 필터에 입력하여 제 1 주파수 정보를 추출할 수 있으며, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 제 1 주파수 대역을 복수개의 주파수 대역으로 분류하는 제 2 주파수 대역에 따른 제 2 필터에 상기 제 1 주파수 정보를 입력하여 제 2 주파수 정보를 추출할 수 있다.
- [0037] 여기에서, 제 1 주파수 대역은 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하는데 이용되는 주파수 대역의 전체 범위를 의미할 수 있으며, 예를 들어, 제 1 주파수 대역은 0.1 Hz 내지 50 Hz일 수 있다. 이에 따라, 제 1 필터는 제 1 주파수 대역을 통과시키는 대역 통과 필터(Band Pass Filter)가 이용될 수 있다.
- [0038] 또한, 제 2 주파수 대역은 제 1 주파수 대역을 복수개의 주파수 대역으로 분할하도록 마련되는 주파수 대역을 의미할 수 있으며, 예를 들어, 제 2 주파수 대역은 제 1 주파수 대역을 3 Hz 내지 5 Hz의 주파수 간격으로 분할하도록 마련될 수 있다. 이때, 제 2 주파수 대역은 0.1 Hz ~ 3 Hz, 4 Hz ~ 7 Hz, 8 Hz ~ 13 Hz, ..., 45 Hz ~ 50 Hz 와 같이 나타날 수 있다.
- [0039] 이에 따라, 제 2 주파수 정보는 복수개의 제 2 주파수 대역에 대해서 각각 추출될 수 있다.
- [0040] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0041] 이때, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다. 여기에서, 기준 강도는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에 대해 각각 임계치가 설정될 수 있다.

- [0042] 또한, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출할 수 있으며, 이에 따라, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.
- [0043] 여기에서, 뇌 연결 모델은 복수개의 뇌 영역 중 특정 상태에서 유의미한 변화가 검출되는 적어도 하나의 뇌 영역을 연결한 모델을 의미할 수 있으며, 이에 따라, 각각의 뇌 영역의 주파수 정보의 변화에 따라 하나의 뇌 연결 모델이 매칭될 수 있다.
- [0044] 예를 들어, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 복수개의 뇌 영역 중 췌기앞소엽과 우측 두정엽에 대한 주파수 정보가 기준 강도 보다 높게 나타나는 경우에, 사용자가 휴식 상태에 있는 것으로 판단하여 휴식 상태에 관련된 뇌 연결 모델을 선택할 수 있으며, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 우측 전운동피질과 보조 운동영역에 대한 주파수 정보가 기준 강도 보다 낮게 나오는 경우에, 사용자가 동작을 상상하는 상태에 있는 것으로 판단하여 동작 상상 상태에 관련된 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다. 또한, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 좌측 전운동피질과 우측 전운동피질에 대한 주파수 정보가 기준 강도 보다 높게 나오는 경우에, 사용자가 동작을 상상하는 상태에 있는 것으로 판단하여 동작 상상 상태에 관련된 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.
- [0045] 이때, 기준 강도는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도가 상승하는 형태로 변화하여 임계치에 도달하는 것에 대한 기준치를 나타내도록 마련될 수 있으며, 기준 강도는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도가 하강하는 형태로 변화하여 임계치에 도달하는 것에 대한 기준치를 나타내도록 마련될 수 있다.
- [0046] 이와 관련하여, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 동적 인과관계 모델링(DCM: Dynamic Causal Modeling), 간섭성(Coherence) 및 그랜저 인과관계(Granger Causality) 등의 공지된 기법을 이용하여 연결 강도를 계산할 수도 있다.
- [0047] 한편, 기준 강도는 주파수 정보의 전력 스펙트럼 밀도(PSD: Power Spectrum Density)에 대한 임계치를 의미할 수 있으며, 이때, 전력 스펙트럼 밀도는 유한한 신호로부터 나타나는 에너지를 의미하는 것으로, 전력 스펙트럼 밀도를 계산하는 방법은 상용화되어 있는 바, 자세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0048] 또한, 기준 강도는 주파수 정보의 강도를 판단할 수 있는 다른 공지된 수단을 이용할 수도 있음은 물론이다.
- [0049] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 계산된 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성할 수 있다. 여기에서, 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능은 사용자로부터 발현되는 뇌 신호에 따라 산출된 연결 강도의 수준에서 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)를 이용하는 경우에, 사용자가 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)의 성능을 어느 정도로 이용할 수 있는지 나타내는 지표인 것으로 이해할 수 있다. 이때, 성능 정보는 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)에 따라 동일한 연결 강도의 수준에서 다르게 나타날 수도 있다.
- [0050] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측할 수 있다.
- [0051] 여기에서, 성능 정보는 기준 연결 강도에 대한 연결 강도의 비율로 나타날 수 있으며, 성능 정보는 기준 연결 강도에 대한 연결 강도의 비율 범위에 따른 단계로 나타날 수도 있다.
- [0052] 이때, 기준 연결 강도는 뇌 신호에 따른 연결 강도가 상승하는 형태로 변화하는 것에 대한 기준치를 나타내도록 마련될 수 있으며, 기준 연결 강도는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도가 하강하는 형태로 변화하는 것에 대한 기준치를 나타내도록 마련될 수 있다.
- [0053] 이와 관련하여, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 선형 회귀(MLR: Multiple Linear Regression), 리지 회귀(RR: Ridge Regression), 라소 회귀(LASSO: Least Absolute Shrinkage and Selection Operator), 엘라스틱 넷(Elastic Network) 및 커널 리지 회귀(KRR: Kernel Ridge Regression) 등의 공지된 기법을 이용하여 연결 강도로부터 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능 정보를 예측할 수도 있다.
- [0054] 이에 따라, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 성능 정보를 출력할 수 있으며, 이때, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 성능 정보의 수치를 텍스트 형태로 출력하거나, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 성능 정보의 비율을 그래프 등의 도형 형태로 출력할 수도 있다.
- [0055] 또한, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 예측된 성능 정보를 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)에 유

선 또는 무선 네트워크를 이용하여 전달할 수도 있다. 이러한 경우에, 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)는 전달 받은 성능 정보에 기초하여 동작할 수도 있다.

- [0056] 한편, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어할 수 있다.
- [0057] 여기에서, 휴식 상태 활성화 모드는 휴식 상태에서 나타나는 뇌 신호의 패턴이 사용자로부터 검출 가능해지도록 사용자를 훈련시키는 모드로 이해할 수 있으며, 이와 같은 휴식 상태 활성화 모드는 뉴로피드백(Neurofeedback) 등의 기법이 이용될 수 있다.
- [0058] 여기에서, 뉴로피드백은 사용자로부터 특정 뇌 신호가 검출되는 경우에, 사용자에게 해당 뇌 신호가 나타난 것을 알리도록 하는 기법으로, 이러한 경우에, 사용자로부터 해당 뇌 신호의 검출이 이전 보다 쉬워지는 것으로 알려져 있다.
- [0059] 이에 따라, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알람을 출력할 수 있다.
- [0060] 예를 들어, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 4시간 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작할 수 있으며, 이러한 경우에, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 4시간 동안, 연결 강도가 자극 임계 정보 이상으로 예측될 때마다, 알람을 출력할 수 있다.
- [0061] 또한, 휴식 상태 활성화 모드에서 산출되는 연결 강도는 휴식 상태에서 나타나는 뇌 신호에 대한 연결 강도로 설정될 수 있으며, 자극 임계 정보는 연결 강도에 따라 예측되는 성능 정보가 사전에 설정되는 수준의 이상이 되도록 설정될 수 있다.
- [0062] 예를 들어, 성능 임계 정보는 연결 강도에 대한 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능으로 70% 수준이 설정될 수 있으며, 이에 따라, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 사용자로부터 수집되는 뇌 신호에 대한 성능 정보가 70% 미만으로 예측되는 경우에, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작할 수 있다.
- [0063] 또한, 자극 임계 정보는 성능 정보가 50% 수준으로 도달하는 연결 강도로 설정될 수 있으며, 이에 따라, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 사용자로부터 수집되는 뇌 신호로부터 산출되는 연결 강도에 대한 성능 정보가 50%로 예측되는 경우에 알람을 출력하여 사용자에게 성능 정보가 50% 이상으로 예측된 것을 알릴 수 있다.
- [0064] 한편, 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)는 사용자로부터 측정되는 뇌 신호의 패턴에 따라 외부의 장치를 제어하는 장치일 수 있으며, 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)는 사용자로부터 측정되는 뇌 신호의 패턴에 따라 사전에 설정되는 정보를 출력하는 장치일 수도 있다.
- [0065] 이와 같이, 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)는 뇌-컴퓨터 인터페이스 기반의 다양한 장치가 이용될 수 있으며, 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변형 또는 변경될 수 있음이 이해되어야 한다.
- [0067] 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치의 제어블록도이다.
- [0068] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)는 수집부(210), 전처리부(220), 연결 강도 산출부(230), 성능 예측부(240), 성능 출력부(250), 제어부(260) 및 알람 출력부(270)를 포함할 수 있다.
- [0069] 수집부(210)는 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있다. 이때, 수집부(210)는 췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: right Lateral Parietal Area), 우측 전운동피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동피질(lPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역에서 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있으며, 수집부(210)는 내측 전전두피질(mPFC: Medial Prefrontal Cortex), 좌측 두정엽(lLP: left Lateral Parietal Area) 등의 뇌의 영역에서 나타나는 뇌 신호를 더 수집할 수 있다.
- [0070] 전처리부(220)는 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출할 수 있다.

- [0071] 연결 강도 산출부(230)는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0072] 이때, 연결 강도 산출부(230)는 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0073] 또한, 연결 강도 산출부(230)는 복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출할 수 있으며, 이에 따라, 연결 강도 산출부(230)는 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.
- [0074] 이와 관련하여, 연결 강도 산출부(230)는 동적 인과관계 모델링(DCM: Dynamic Causal Modeling), 간섭성(Coherence) 및 그랜저 인과관계(Granger Causality) 등의 공지된 기법을 이용하여 연결 강도를 계산하고, 뇌 연결 모델을 선택할 수도 있다.
- [0075] 성능 예측부(240)는 계산된 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성할 수 있다.
- [0076] 성능 예측부(240)는 적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측할 수 있다.
- [0077] 성능 출력부(250)는 성능 정보를 출력할 수 있으며, 이때, 성능 출력부(250)는 성능 정보의 수치를 텍스트 형태로 출력하거나, 성능 출력부(250)는 성능 정보의 비율을 그래프 등의 도형 형태로 출력할 수도 있다.
- [0078] 또한, 성능 출력부(250)는 예측된 성능 정보를 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)에 유선 또는 무선 네트워크를 이용하여 전달할 수도 있다.
- [0079] 제어부(260)는 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성 모드로 동작하도록 제어할 수 있다.
- [0080] 알람 출력부(270)는 휴식 상태 활성 모드로 동작하는 동안, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알람을 출력할 수 있다.
- [0081] 여기에서, 알람 출력부(270)는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되어 알람을 출력하는 경우에, 시각 자극, 청각 자극 및 촉각 자극 등의 형태로 알람을 출력할 수 있다.
- [0083] 도3은 도2의 성능 예측부에서 성능 정보를 예측하는 과정을 나타내는 블록도이다.
- [0084] 도3을 참조하면, 수집부(210)는 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 뇌 신호 측정 장치(100)로부터 수집할 수 있다.
- [0085] 이에 따라, 전처리부(220)는 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출할 수 있다.
- [0086] 또한, 연결 강도 산출부(230)는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0087] 이때, 연결 강도 산출부(230)는 복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출할 수 있으며, 이에 따라, 연결 강도 산출부(230)는 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.
- [0088] 이에 따라, 성능 예측부(240)는 계산된 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성할 수 있으며, 이때, 성능 예측부(240)는 적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측할 수 있다.
- [0089] 성능 출력부(250)는 성능 정보를 출력할 수 있으며, 이때, 성능 출력부(250)는 성능 정보의 수치를 텍스트 형태로 출력하거나, 성능 출력부(250)는 성능 정보의 비율을 그래프 등의 도형 형태로 출력할 수도 있다.
- [0090] 또한, 성능 출력부(250)는 예측된 성능 정보를 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)에 유선 또는 무선 네트워크를

이용하여 전달할 수도 있다.

- [0092] 도4는 도2의 제어부에서 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 과정을 나타내는 블록도이다.
- [0093] 도4를 참조하면, 제어부(260)는 예측된 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어할 수 있다.
- [0094] 이에 따라, 수집부(210)는 수집되는 뇌 신호에 따라, 전처리부(220)는 주파수 정보를 추출하고, 연결 강도 산출부(230)는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0095] 이에 따라, 알림 출력부(270)는 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되는 경우에, 알림을 출력할 수 있다.
- [0097] 도5a 및 도5b는 도2의 연결 강도 산출부에서 선택되는 뇌 연결 모델의 일 실시예를 나타낸 개략도이다.
- [0098] 뇌 연결 모델은 복수개의 뇌 영역 중 특정 상태에서 유의미한 변화가 검출되는 적어도 하나의 뇌 영역을 연결한 모델을 의미할 수 있다.
- [0099] 도5a를 참조하면, 뇌 영역 중 내측 전전두피질(mPFC: Medial Prefrontal Cortex), 췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 좌측 두정엽(ILP: left Lateral Parietal Area) 및 우측 두정엽(rLP: right Lateral Parietal Area)이 연결된 뇌 연결 모델을 확인할 수 있다.
- [0100] 이와 관련하여, 췌기앞소엽과 우측 두정엽에 대한 주파수 정보가 기준 강도 보다 높게 나타나는 경우에, 사용자가 휴식 상태에 있는 것으로 판단할 수 있으며, 이에 따라, 도5a는 휴식 상태에 관련된 뇌 연결 모델인 것으로 이해할 수 있다.
- [0101] 한편, 도5b를 참조하면, 뇌 영역 중 좌측 전운동피질(IPMC: Left Premotor Cortex), 우측 전운동피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area), 중대뇌동맥(MCA: Middle Cerebral Artery) 좌측 M1 분절(lM1: left M1) 및 중대뇌동맥(MCA: Middle Cerebral Artery) 우측 M1 분절(rM1: right M1)이 연결된 뇌 연결 모델을 확인할 수 있다.
- [0102] 이와 관련하여, 우측 전운동피질과 보조 운동영역에 대한 주파수 정보가 기준 강도 보다 낮게 나오는 경우에, 사용자가 동작을 상상하는 상태에 있는 것으로 판단할 수 있으며, 좌측 전운동피질과 우측 전운동피질에 대한 주파수 정보가 기준 강도 보다 높게 나오는 경우에, 사용자가 동작을 상상하는 상태에 있는 것으로 판단할 수 있다. 이에 따라, 도5b는 동작 상상 상태에 관련된 뇌 연결 모델인 것으로 이해할 수 있다.
- [0104] 도6은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법의 순서도이다.
- [0105] 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법은 도 1에 도시된 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)와 실질적으로 동일한 구성 상에서 진행되므로, 도 1의 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치(200)와 동일한 구성요소에 대해 동일한 도면 부호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0106] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법은 뇌 신호를 수집하는 단계(600), 주파수 정보를 추출하는 단계(610), 연결 강도를 산출하는 단계(620), 성능 정보를 생성하는 단계(630) 및 성능 정보를 출력하는 단계(640)를 포함할 수 있다.
- [0107] 뇌 신호를 수집하는 단계(600)는 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있다. 이때, 뇌 신호를 수집하는 단계(600)는 췌기앞소엽(Prec: Precuneus), 우측 두정엽(rLP: right Lateral Parietal Area), 우측 전운동피질(rPMC: Right Premotor Cortex), 좌측 전운동피질(IPMC: Left Premotor Cortex) 및 보조 운동영역(SMA: Supplementary Motor Area) 중 적어도 하나의 영역에서 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있으며, 뇌 신호를 수집하는 단계(600)는 내측 전전두피질(mPFC: Medial Prefrontal Cortex), 좌측 두정엽(ILP: left Lateral Parietal Area) 등의 뇌의 영역에서 나타나는 뇌 신호를 더 수집할 수 있다.

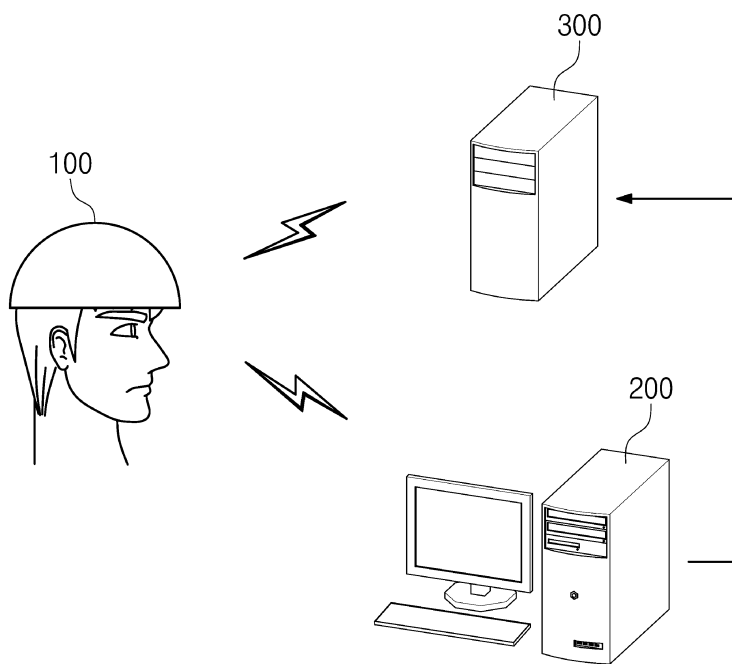
- [0108] 주파수 정보를 추출하는 단계(610)는 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출할 수 있다.
- [0109] 연결 강도를 산출하는 단계(620)는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0110] 연결 강도를 산출하는 단계(620)는 뇌 신호로부터 추출되는 주파수 정보가 도달 가능한 임계치를 나타내는 기준 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 주파수 정보의 강도에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0111] 또한, 연결 강도를 산출하는 단계(620)는 복수개의 뇌 연결 모델에서의 연결 강도를 각각 산출할 수 있으며, 이에 따라, 연결 강도를 산출하는 단계(620)는 가장 높은 연결 강도를 나타내는 뇌 연결 모델을 선택할 수 있다.
- [0112] 성능 정보를 생성하는 단계(630)는 계산된 연결 강도에서의 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 예측하여 성능 정보를 생성할 수 있다.
- [0113] 성능 정보를 생성하는 단계(630)는 적어도 하나의 뇌 영역에 대한 연결 강도에 따라 선택되는 뇌 연결 모델에서의 연결 강도의 기준치를 나타내는 기준 연결 강도에 대해, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 수집되는 뇌 신호에 따른 연결 강도에 따라 성능 정보를 예측할 수 있다.
- [0114] 성능 정보를 출력하는 단계(640)는 성능 정보를 출력할 수 있으며, 이때, 성능 정보를 출력하는 단계(640)는 성능 정보의 수치를 텍스트 형태로 출력하거나, 성능 정보를 출력하는 단계(640)는 성능 정보의 비율을 그래프 등의 도형 형태로 출력할 수도 있다.
- [0115] 또한, 성능 정보를 출력하는 단계(640)는 예측된 성능 정보를 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치(300)에 유선 또는 무선 네트워크를 이용하여 전달할 수도 있다.
- [0117] 도7은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법에서 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어하는 단계를 나타낸 세부 순서도이다.
- [0118] 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법은 예측된 성능 정보가 사전에 설정되는 성능 임계 정보 미만으로 예측된 경우(650), 사전에 설정되는 시간 간격 동안 휴식 상태 활성화 모드로 동작하도록 제어(660)할 수 있다.
- [0119] 이에 따라, 뇌 신호를 수집하는 단계(600)는 복수개의 뇌 영역으로부터 나타나는 뇌 신호를 수집할 수 있고, 주파수 정보를 추출하는 단계(610)는 뇌 신호에서 나타나는 머리 또는 안구의 움직임에 의한 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 뇌 신호를 사전에 설정되는 주파수 대역을 통과시키는 필터에 입력하여 주파수 정보를 추출할 수 있으며, 연결 강도를 산출하는 단계(620)는 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역에서 수집된 뇌 신호에 대한 주파수 정보에 따라 연결 강도를 산출할 수 있다.
- [0120] 이때, 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 방법은 휴식 상태 활성화 모드로 동작하는 동안, 복수개의 뇌 영역 중 적어도 하나의 영역으로부터 나타나는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측(670)되는 경우에, 알람을 출력(680)할 수 있다.
- [0121] 이때, 알람을 출력하는 단계(680)는 연결 강도가 사전에 설정되는 자극 임계 정보 이상으로 예측되어 알람을 출력하는 경우에, 시각 자극, 청각 자극 및 촉각 자극 등의 형태로 알람을 출력할 수 있다.
- [0122] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

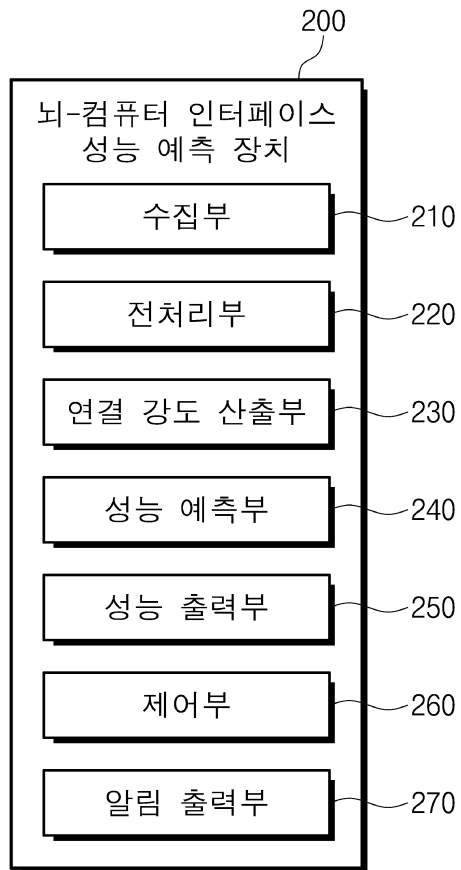
- [0123] 100: 뇌 신호 측정 장치
200: 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 예측 장치
300: 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치

도면

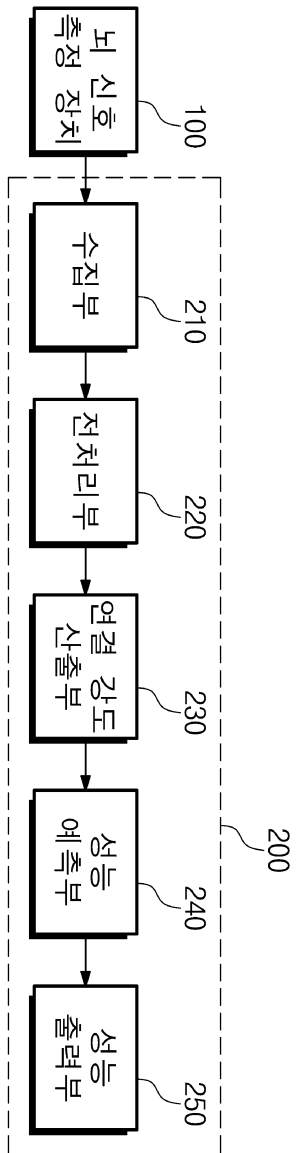
도면1



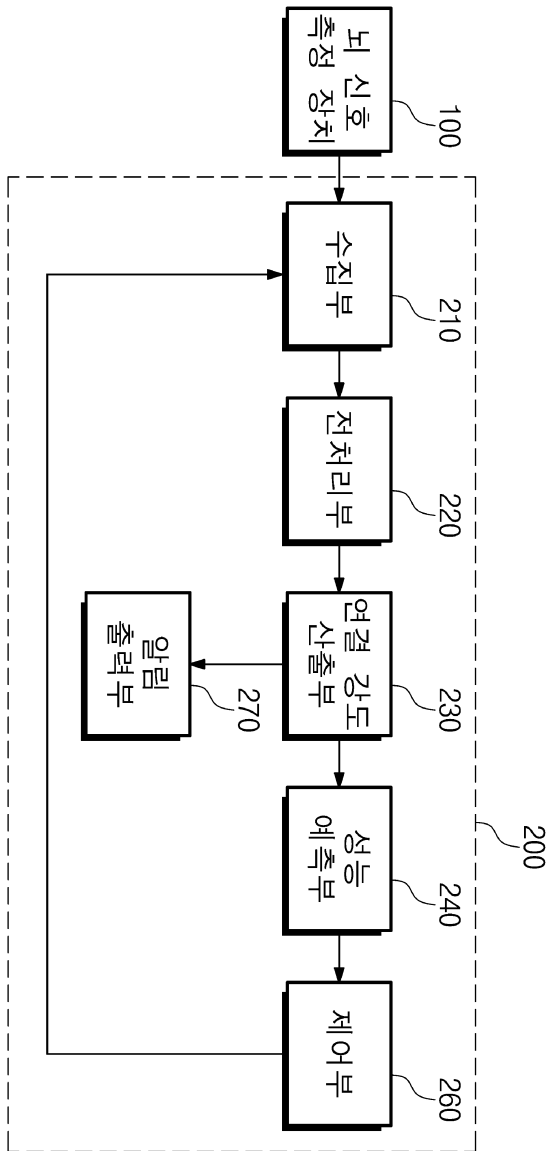
도면2



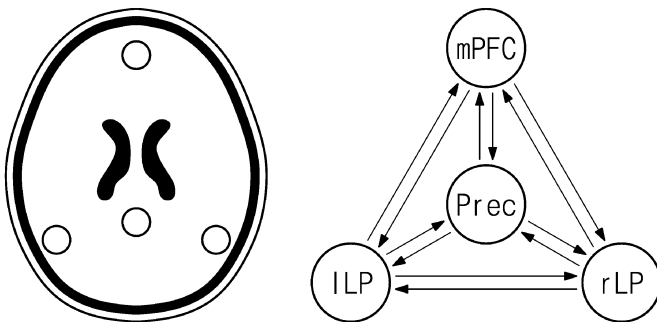
도면3



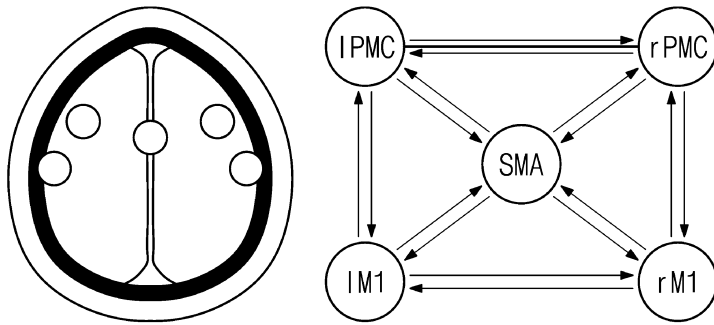
도면4



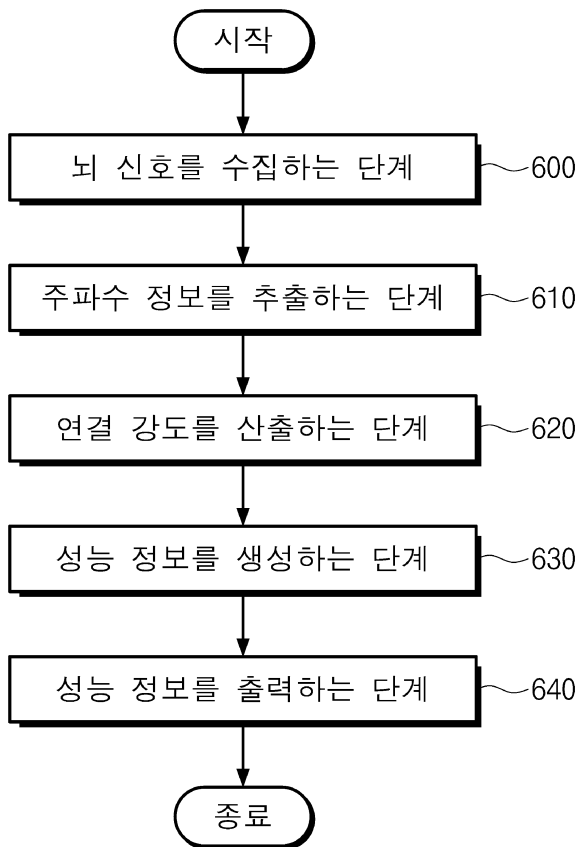
도면5a



도면5b



도면6



도면7

