

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0151850

(43) 공개일자 2023년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/16 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)

A61B 5/291 (2021.01) A61B 5/372 (2021.01)

A61B 5/378 (2021.01) G16H 50/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/168 (2013.01)

A61B 5/291 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2022-0051711

(22) 출원일자 2022년04월26일

심사청구일자 2022년04월26일

(71) 출원인

계명대학교 산학협력단

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교
산학협력관 201호(신당동)

(72) 발명자

구정훈

대구광역시 수성구 동대구로 250 태왕유성하이빌
아파트

(74) 대리인

김건우

전체 청구항 수 : 총 16 항

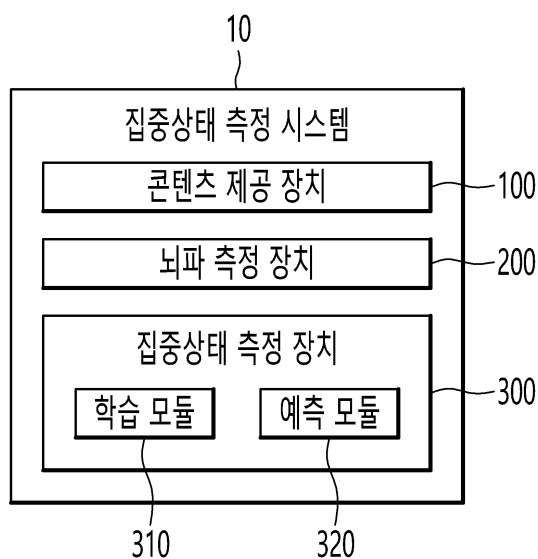
(54) 발명의 명칭 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 집중상태 측정 시스템에서 수행되는 정상 상태 시각 유발 전위(Steady state visually evoked potential, SSVEP)를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에 관한 것으로서, (1) 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하는 단계; (2) 상기 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정해 수집하는 단계; (3) 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및 (4) 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명은 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 정상 상태 시각 유발 전위(Steady state visually evoked potential, SSVEP)를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템에 관한 것으로서, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하고, 상기 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공하는 콘텐츠 제공 장치; 상기 콘텐츠 제공 장치에서 제공되는 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정하는 뇌파 측정 장치; 및 상기 뇌파 측정 장치에서 수집되는 뇌파 신호를 수집하고, 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 집중상태 측정 장치를 포함하며, 상기 집중상태 측정 장치는, 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 학습 모듈; 및 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 예측 모듈을 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법 및 시스템에 따르면, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용해 운동 콘텐츠를 구성하고, 구성된 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안 뇌파 신호를 측정해 딥러닝 또는 머신러닝 모델로 집중상태를 분류함으로써, 깜박임 패러다임을 적용해 운동과제 수행 중의 집중상태 분류 정확도를 높일 수 있다.

(52) CPC특허분류

A61B 5/372 (2022.01)

A61B 5/378 (2021.01)

A61B 5/7203 (2013.01)

A61B 5/7264 (2023.08)

G16H 50/20 (2018.01)

A61B 2505/09 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711153561
과제번호	2022R1A2B5B01001443
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	뇌파 딥러닝기반 과제 집중상태 연동 자극제어를 통한 뇌가소성 강화 가상현실 운동
재활 시스템 개발 및 임상적 적용	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	계명대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

집중상태 측정 시스템(10)에서 수행되는 정상 상태 시각 유발 전위(Steady state visually evoked potential, SSVEP)를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에 관한 것으로서,

- (1) 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하는 단계;
- (2) 상기 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정해 수집하는 단계;
- (3) 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및
- (4) 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

상기 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 집중상태, 시각 산만 상태, 인지 산만 상태, 시각 및 인지 산만 상태에서의 사용자의 뇌파 신호를 측정해 수집하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 단계 (1)에서는,

시각 산만 상태의 측정을 위해 상기 운동과제를 구성하는 타겟과 분리되어 시각적으로 표시되는 시각 산만 장치와, 인지 산만 상태의 측정을 위해 상기 타겟과 커서에 의한 운동과제가 진행되는 동안 음성으로 전달되는 인지 문제인 인지 산만 장치 중 적어도 어느 하나를 더 포함하여 상기 운동 콘텐츠를 구성하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 단계 (3)에서는,

- (3-1) 상기 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리하는 단계;
- (3-2) 상기 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및
- (3-3) 상기 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 테스트하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 단계 (3-2)에서는,

상기 전처리된 뇌파 신호를 미리 정해진 시간으로 분할하고, 상기 분할된 뇌파 신호에 상기 시각 산만 장치와 인지 산만 장치의 포함에 따른 산만 상태를 라벨링하여 생성한 데이터셋을 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 운동 콘텐츠는,

컴퓨터화된 재활 시스템을 통해 구현되는 재활 운동과제 수행을 위한 콘텐츠로, 상기 타겟을 추적하는 재활 운동과제를 포함하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 7

제2항에 있어서, 상기 운동 콘텐츠는,

상기 운동과제를 구성하는 타겟은 15Hz, 커서는 12Hz로 깜박임이 적용된 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 8

제2항에 있어서, 상기 뇌파 신호는,

사용자의 머리에 착용된 19개의 건조 전극을 통해 수집된 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법.

청구항 9

정상 상태 시각 유발 전위(Steady state visually evoked potential, SSVEP)를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10)에 관한 것으로서,

운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하고, 상기 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공하는 콘텐츠 제공 장치(100);

상기 콘텐츠 제공 장치(100)에서 제공되는 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정하는 뇌파 측정 장치(200); 및

상기 뇌파 측정 장치(200)에서 수집되는 뇌파 신호를 수집하고, 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 집중상태 측정 장치(300)를 포함하며,

상기 집중상태 측정 장치(300)는,

상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 학습 모듈(310); 및

상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 예측 모듈(320)을 포함하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 뇌파 측정 장치(200)는,

상기 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 집중상태, 시각 산만 상태, 인지 산만 상태, 시각 및 인지 산만 상태

에서의 사용자의 뇌파 신호를 측정하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 콘텐츠 제공 장치(100)는,

시각 산만 상태의 측정을 위해 상기 운동과제를 구성하는 타겟과 분리되어 시각적으로 표시되는 시각 산만 장치와, 인지 산만 상태의 측정을 위해 상기 타겟과 커서에 의한 운동과제가 진행되는 동안 음성으로 전달되는 인지 문제인 인지 산만 장치 중 적어도 어느 하나를 더 포함하여 상기 운동 콘텐츠를 구성하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 학습 모듈(310)은,

(3-1) 상기 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리하는 단계;

(3-2) 상기 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및

(3-3) 상기 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 테스트하는 단계를 더 수행하여, 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 단계 (3-2)에서는,

상기 전처리된 뇌파 신호를 미리 정해진 시간으로 분할하고, 상기 분할된 뇌파 신호에 상기 시각 산만 장치와 인지 산만 장치의 포함에 따른 산만 상태를 라벨링하여 생성한 데이터셋을 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 운동 콘텐츠는,

컴퓨터화된 재활 시스템을 통해 구현되는 재활 운동과제 수행을 위한 콘텐츠로, 상기 타겟을 추적하는 재활 운동과제를 포함하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 운동 콘텐츠는,

상기 운동과제를 구성하는 타겟은 15Hz, 커서는 12Hz로 깜박임이 적용된 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 뇌파 측정 장치(200)는,

사용자의 머리에 착용된 19개의 건조 전극을 통해 상기 뇌파 신호를 측정하는 것을 특징으로 하는, SSVEP를 적

용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 집중상태 측정 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 신경 손상으로 인해 운동 기능이 손상된 환자는 적절한 재활이 필요하다. 성공적인 재활은 대부분 자극과 부상에 대한 반응으로 기능과 구조를 재구성하는 뇌의 고유 능력으로 정의되는 뇌 가소성(brain plasticity)이라고 하는 뉴런 재구성을 동반한다. 효과적인 뇌 가소성은 풍부한 자극을 제공할 수 있는 운동 환경과 콘텐츠를 포함하는 적절한 재활 패러다임에 의해 달성될 수 있으며, 재활 프로그램에 환자의 세심한 참여의 중요성이 강조되고 있다.

[0004] 여러 신경 과학 연구에서는 주의력이 가소성의 중요한 조절자임을 시사했으며, 운동을 수행하는 동안 주의를 유지하는 것은 환자 재활의 결과에 직접적인 영향을 미친다고 하였다. 그러나 재활 중에 환자는 종종 주변에 의해 주의가 산만해지는데, 이는 재활에 관한 관심을 감소시켜 뇌 가소성의 효과를 감소시킬 수 있다. 또한, 환자와 임상가는 훈련 도중 주의력 상실을 알아차리지 못하므로 환자의 주의를 재활 과제로 되돌리는 중재가 잘 이루어지지 않는다.

[0006] 따라서 환자의 주의가 산만해지는 수준을 모니터링하는 방법의 개발이 중요하다. 종래에 과제에 대한 환자의 주의력 수준을 측정하기 위해, 환자의 인지 변화를 추적할 수 있는 뇌파(EEG) 신호와 같은 뇌 신호를 이용하기도 했는데, 특히 P300과 같은 이벤트 관련 전위(ERP)의 구성 요소를 사용하는 패러다임을 이용하는 방법이 제안되었다. 그러나 ERP 기반 패러다임에서는, ERP 구성 요소를 관찰할 수 있도록 고정된 특정 시간 내에서 완료되어야 하고, 목표 자극이 나타날 때까지 많은 시간을 기다려야 하며, 과제 자체가 방해물로 작용하며, 이를 이용한 분류 성능이 낮다는 단점이 있다.

[0008] 따라서 뇌파 분석을 통해 주의력 정도를 측정함에 있어서, 사용자의 주의 정도를 더 정확하게 나타내고 분류 성능이 더 우수한 새로운 패러다임의 도입이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용해 운동 콘텐츠를 구성하고, 구성된 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안 뇌파 신호를 측정해 딥러닝 또는 머신러닝 모델로 집중상태를 분류함으로써, 깜박임 패러다임을 적용해 집중상태 분류 정확도를 높일 수 있고, 깜박임 패러다임을 적용해 운동과제 수행 중의 집중상태 분류 정확도를 높일 수 있는, SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법 및 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법은,

[0011] 집중상태 측정 시스템에서 수행되는 정상 상태 시각 유발 전위(Steady state visually evoked potential, SSVEP)를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에 관한 것으로서,

[0012] (1) 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하는 단계;

- [0013] (2) 상기 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호 (electroencephalogram, EEG)를 측정해 수집하는 단계;
- [0014] (3) 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및
- [0015] (4) 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0017] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0018] 상기 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 집중상태, 시각 산만 상태, 인지 산만 상태, 시각 및 인지 산만 상태에서의 사용자의 뇌파 신호를 측정해 수집할 수 있다.
- [0020] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서는,
- [0021] 시각 산만 상태의 측정을 위해 상기 운동과제를 구성하는 타겟과 분리되어 시각적으로 표시되는 시각 산만 장치와, 인지 산만 상태의 측정을 위해 상기 타겟과 커서에 의한 운동과제가 진행되는 동안 음성으로 전달되는 인지 문제인 인지 산만 장치 중 적어도 어느 하나를 더 포함하여 상기 운동 콘텐츠를 구성할 수 있다.
- [0023] 더더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3)에서는,
- [0024] (3-1) 상기 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리하는 단계;
- [0025] (3-2) 상기 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및
- [0026] (3-3) 상기 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 테스트하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0028] 더더더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-2)에서는,
- [0029] 상기 전처리된 뇌파 신호를 미리 정해진 시간으로 분할하고, 상기 분할된 뇌파 신호에 상기 시각 산만 장치와 인지 산만 장치의 포함에 따른 산만 상태를 라벨링하여 생성한 데이터셋을 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습할 수 있다.
- [0031] 더욱 바람직하게는, 상기 운동 콘텐츠는,
- [0032] 컴퓨터화된 재활 시스템을 통해 구현되는 재활 운동과제 수행을 위한 콘텐츠로, 상기 타겟을 추적하는 재활 운동과제를 포함할 수 있다.
- [0034] 더욱 바람직하게는, 상기 운동 콘텐츠는,
- [0035] 상기 운동과제를 구성하는 타겟은 15Hz, 커서는 12Hz로 깜박임이 적용될 수 있다.
- [0037] 더욱 바람직하게는, 상기 뇌파 신호는,
- [0038] 사용자의 머리에 착용된 19개의 건조 전극을 통해 수집될 수 있다.
- [0040] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템은,

- [0041] 정상 상태 시각 유발 전위(Steady state visually evoked potential, SSVEP)를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템에 관한 것으로서,
- [0042] 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하고, 상기 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공하는 콘텐츠 제공 장치;
- [0043] 상기 콘텐츠 제공 장치에서 제공되는 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정하는 뇌파 측정 장치; 및
- [0044] 상기 뇌파 측정 장치에서 수집되는 뇌파 신호를 수집하고, 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 집중상태 측정 장치를 포함하며,
- [0045] 상기 집중상태 측정 장치는,
- [0046] 상기 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 학습 모듈; 및
- [0047] 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 예측 모듈을 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0049] 바람직하게는, 상기 뇌파 측정 장치는,
- [0050] 상기 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 집중상태, 시각 산만 상태, 인지 산만 상태, 시각 및 인지 산만 상태에서의 사용자의 뇌파 신호를 측정할 수 있다.
- [0052] 더욱 바람직하게는, 상기 콘텐츠 제공 장치는,
- [0053] 시각 산만 상태의 측정을 위해 상기 운동과제를 구성하는 타겟과 분리되어 시각적으로 표시되는 시각 산만 장치와, 인지 산만 상태의 측정을 위해 상기 타겟과 커서에 의한 운동과제가 진행되는 동안 음성으로 전달되는 인지 문제인 인지 산만 장치 중 적어도 어느 하나를 더 포함하여 상기 운동 콘텐츠를 구성할 수 있다.
- [0055] 더더욱 바람직하게는, 상기 학습 모듈은,
- [0056] (3-1) 상기 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리하는 단계;
- [0057] (3-2) 상기 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계; 및
- [0058] (3-3) 상기 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 상기 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 테스트하는 단계
- [0059] 를 더 수행하여, 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습할 수 있다.
- [0061] 더더더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-2)에서는,
- [0062] 상기 전처리된 뇌파 신호를 미리 정해진 시간으로 분할하고, 상기 분할된 뇌파 신호에 상기 시각 산만 장치와 인지 산만 장치의 포함에 따른 산만 상태를 라벨링하여 생성한 데이터셋을 이용해 상기 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습할 수 있다.
- [0064] 더욱 바람직하게는, 상기 운동 콘텐츠는,
- [0065] 컴퓨터화된 재활 시스템을 통해 구현되는 재활 운동과제 수행을 위한 콘텐츠로, 상기 타겟을 추적하는 재활 운동과제를 포함할 수 있다.

- [0067] 더욱 바람직하게는, 상기 운동 콘텐츠는,
- [0068] 상기 운동과제를 구성하는 타겟은 15Hz, 커서는 12Hz로 깜박임이 적용될 수 있다.
- [0070] 더욱 바람직하게는, 상기 뇌파 측정 장치는,
- [0071] 사용자의 머리에 착용된 19개의 건조 전극을 통해 상기 뇌파 신호를 측정할 수 있다.

발명의 효과

- [0072] 본 발명에서 제안하고 있는 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법 및 시스템에 따르면, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용해 운동 콘텐츠를 구성하고, 구성된 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안 뇌파 신호를 측정해 딥러닝 또는 머신러닝 모델로 집중상태를 분류함으로써, 깜박임 패러다임을 적용해 운동과제 수행 중의 집중상태 분류 정확도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0073] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템의 구성을 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법의 흐름을 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템을 이용한 집중상태 측정 모습을 도시한 도면.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 집중상태(non-D), 시각 산만 상태(vis-D), 인지 산만 상태(cog-D), 시각 및 인지 산만 상태(both-D)에서의 집중상태 측정 모습을 도시한 도면.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법의 단계 S300에서 학습하는 EEGNet 모델의 구조를 나타낸 도면.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 단계 S300의 세부적인 흐름을 도시한 도면.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법으로 측정한 사용자의 뇌파 신호를 모두 평균해 나타낸 도면.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에 의한 분류 결과를 매트릭스로 나타낸 도면.
- 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 산만 정도에 따른 분류 결과를 나타낸 도면.
- 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 윈도우 방법을 적용해 분석한 분류 결과를 매트릭스로 나타낸 도면.
- 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 각 상태에서의 산만 정도를 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0074] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

- [0076] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 ‘연결’되어 있다고 할 때, 이는 ‘직접적으로 연결’되어

어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 ‘간접적으로 연결’ 되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 ‘포함’ 한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0078] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10)의 구성을 도시한 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10)은, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하고, 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공하는 콘텐츠 제공 장치(100); 콘텐츠 제공 장치(100)에서 제공되는 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정하는 뇌파 측정 장치(200); 및 뇌파 측정 장치(200)에서 수집되는 뇌파 신호를 수집하고, 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 집중상태 측정 장치(300)를 포함하며, 집중상태 측정 장치(300)는, 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 학습 모듈(310); 및 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 예측 모듈(320)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0080] SSVEP는 사용자(또는 환자)가 보고 있는 깜박거리는 시각적 자극(예: 광원)의 주파수를 갖는 EEG 진동 패턴인데, 주로 인간 두뇌의 후두엽과 두정엽의 전극에서 관찰된다. 즉, SSVEP는 환자가 자극을 보고 있을 때 깜박거리는 시각 자극과 동일한 주파수의 진동 패턴으로 나타나기 때문에 EEG의 주파수 스펙트럼을 관찰하여 환자가 자극을 보고 있는지 여부를 감지할 수 있다. 여러 BCI(Brain-Computer Interface) 연구에서는, SSVEP 패러다임을 사용하여 철자, 가상 전화 통신 및 로봇 제어와 같은 다양한 상황에서 각기 다른 작업을 나타내는 깜박거리는 시각적 자극에서 하나의 명령을 선택하였다. 이는 대상이 여러 자극 중에서 대상 자극을 주의 깊게 응시할 때 대상 자극에 대한 SSVEP 반응이 향상되기 때문이다. 이것은 SSVEP 반응이 개인이 자극을 주의 깊게 보고 있는지 또는 주의가 산만하게 되는지에 의해 교란된다는 것을 보여준다. 따라서 본 발명에서는 재활 운동 시스템에 SSVEP 패러다임을 채택함으로써, 운동과제를 수행하는 동안 EEG 반응이 주의력에 의해 변조됨에 따라, 주의가 산만해진 환자의 상태에 대한 강력하고 원활한 모니터링이 가능하도록 하고, 변조되는 EEG 반응을 이용해 산만 상태를 정확하게 분류할 수 있다. 특히, 기존에 SSVEP가 메뉴에 적용된 사례와는 달리, 본 발명은 운동 콘텐츠에 SSVEP 패러다임을 적용해 운동과제 수행 중의 집중상태 또는 산만 상태를 모니터링할 수 있다.

[0082] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법의 흐름을 도시한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법은, 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하는 단계(S100), 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호를 측정해 수집하는 단계(S200), 수집된 뇌파 신호를 이용해 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계(S300) 및 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 단계(S400)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0084] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 시스템(10)을 이용한 집중상태 측정 모습을 도시한 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서는, 사용자가 뇌파 측정 장치(200)를 착용하고, 콘텐츠 제공 장치(100)의 모니터를 통해 운동 콘텐츠를 제공받아, 마우스를 이용해 운동과제를 수행할 수 있다. 이때, 운동 콘텐츠는, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임이 적용된 것일 수 있다. 또한, 오디오 시스템을 구비해 주의 산만을 위한 장치를 제공해, 산만 상태의 뇌파 신호 측정이 가능하도록 구성할 수 있다.

[0086] 이하에서는, 도 2 및 도 3을 참조하여, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법을 구성하는 각 단계에 대해 상세히 설명하도록 한다.

- [0088] 단계 S100에서는, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성할 수 있다. 여기서, 운동 콘텐츠는, 컴퓨터화된 재활 시스템을 통해 구현되는 재활 운동과제 수행을 위한 콘텐츠로, 타겟을 추적하는 재활 운동과제를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 운동과제를 구성하는 타겟은 15Hz, 커서는 12Hz로 깜박임을 적용해 운동 콘텐츠를 구성할 수 있다.
- [0090] 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 반원형 타겟을 추적하고 마우스를 사용하여 다른 반원형 커서로 원을 만드는 운동과제를 포함하는 운동 콘텐츠를 구성하였다. 타겟은 화면에 무작위로 생성된 가상의 원호를 따라 이동하도록 하고, 타겟의 방향이 항상 커서를 향하고 있도록 하여 환자가 타겟을 향해 커서를 움직여서 원을 만드는 데 많은 노력이 필요하지 않도록 구성하였다.
- [0092] 또한, 단계 S100에서는, 시각 산만 상태의 측정을 위해 운동과제를 구성하는 타겟과 분리되어 시각적으로 표시되는 시각 산만 장치와, 인지 산만 상태의 측정을 위해 타겟과 커서에 의한 운동과제가 진행되는 동안 음성으로 전달되는 인지 문제인 인지 산만 장치 중 적어도 어느 하나를 더 포함하여 운동 콘텐츠를 구성할 수 있다.
- [0094] 즉, 운동 콘텐츠에서, 주의를 산만하게 하는 요소에는 시각적 요소와 인지적 요소의 두 가지 유형이 있다. 시각적 산만을 유도하기 위해서, 콘텐츠 제공 장치(100)의 디스플레이 화면으로 운동과제의 타겟과 함께 출력되는 시각 산만 장치를 구성하였다. 전술한 바와 같은 예에서, 시각 산만 장치는 타겟과 동일한 반경의 20개 반원으로 구성되었으며, 색상은 깜박이는 타겟의 색상과 최대한 가깝게 설정되었다. 즉, 타겟이 흑백 사이에서 깜박이기 때문에 시각 산만 장치는 회색으로 구성하였다. 시각 산만 장치는 디스플레이 화면에서 타겟과 동일한 방식으로 이동하지만 궤적은 상이하도록 하였다.
- [0096] 인지적 산만을 유도하기 위해서, 빼기 연산 문제를 인지 산만 장치로 구성하였다. 두 자리 숫자에서 한 자리 숫자를 빼는 것과 같은 간단한 빼기 연산 문제를 TTS(text-to-speech) 모듈을 사용하여 스피커를 통해 제공하며, 사용자는 타겟을 추적해 커서로 원을 만드는 운동과제를 수행하는 동안 음성으로 주어지는 빼기 연산 문제의 정답을 큰 소리로 호출하도록 하였다.
- [0098] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 집중상태(non-D), 시각 산만 상태(vis-D), 인지 산만 상태(cog-D), 시각 및 인지 산만 상태(both-D)에서의 집중상태 측정 모습을 도시한 도면이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서는, 주의 산만 요소 없이 운동과제(타겟 추적 작업)만 수행하는 집중상태(non-D), 시각 산만 장치가 있는 상태에서 운동과제를 수행하는 시각 산만 상태(vis-D), 인지 산만 장치가 있는 상태에서 운동과제를 수행하는 인지 산만 상태(cog-D), 시각 산만 장치와 인지 산만 장치가 모두 있는 상태에서 운동과제를 수행하는 시각 및 인지 산만 상태(both-D)가 모두 포함되도록 운동 콘텐츠를 구성할 수 있다.
- [0100] 단계 S200에서는, 구성된 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 측정해 수집할 수 있다. 보다 구체적으로, 단계 S200에서는, 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 집중상태, 시각 산만 상태, 인지 산만 상태, 시각 및 인지 산만 상태에서의 사용자의 뇌파 신호를 측정해 수집할 수 있다. 이때, 뇌파 신호는, 사용자의 머리에 착용된 19개의 건조 전극을 통해 수집할 수 있으며, 예를 들어 DSI-24를 사용해 EEG 데이터를 측정할 수 있다.
- [0102] 단계 S300에서는, 수집된 뇌파 신호를 이용해, 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습할 수 있다. 단계 S300의 세부적인 구성에 대해서는 추후 도 6을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0104] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법의 단계 S300에서 학습하는

EEGNet 모델의 구조를 나타낸 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법은, 딥러닝 또는 머신러닝 모델로 3개의 블록으로 구성된 EEGNet 모델을 사용할 수 있다.

[0106] 블록 1에는 Conv2D 및 DepthwiseConv2D 단계가 차례로 포함된다. 블록 1은 두 개의 컨볼루션 단계가 있는 입력 레이어로 시작하며, 첫 번째 단계는 2차원 컨볼루션 필터, 그 다음으로 깊이별 컨볼루션이 있는 두 번째 필터로 구성되고, 두 단계 모두 마지막에 배치 정규화를 수행한다. 깊이별 컨볼루션은 심층 예측 모델에 맞게 학습 가능한 매개변수의 수를 줄인다.

[0108] 블록 2에는 깊이별 컨볼루션을 수행하는 분리 가능한 컨볼루션이 포함되며 블록 1에서 입력을 받아 수행된다. 분리 가능한 컨볼루션은, 개별 특징 맵을 시간에 따라 요약하고, depth-wise convolution을 사용하여 특징 맵을 최적으로 결합하는 방법을 학습한다.

[0110] 블록 3은 검색된 특징이 하나의 결정을 내린 다음 오류 계산을 위해 교차 엔트로피 손실 함수에 전달하는 분류 단계를 나타낸다.

[0112] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 단계 S300의 세부적인 흐름을 도시한 도면이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법은, 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리하는 단계(S310), 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계(S320) 및 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 테스트하는 단계(S330)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0114] 단계 S310에서는, 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리할 수 있다. 보다 구체적으로, 수집된 EEG를 4-30Hz 주파수 범위에서 스펙트럼 성분을 추출하기 위해 대역 통과 필터링할 수 있다. 또한, 아티팩트 부분 공간 재구성(ASR) 및 독립 구성 요소 분석 방법을 뇌파 신호에 적용하여 생리적 잡음 성분과 같은 원치 않는 잡음 신호를 제거할 수 있다.

[0116] 단계 S320에서는, 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습할 수 있다. 보다 구체적으로, 단계 S320에서는, 전처리된 뇌파 신호를 미리 정해진 시간으로 분할하고, 분할된 뇌파 신호에 시각 산만 장치와 인지 산만 장치의 포함에 따른 산만 상태를 라벨링하여 생성한 데이터셋을 이용해 EEGNet 모델을 학습할 수 있다.

[0118] 단계 S330에서는, 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 테스트할 수 있다. 즉, 단계 S320에서 non-D와 both-D를 사용해 EEGNet 모델을 학습한 다음, 단계 S330에서는 하나의 주의 산만 장치만 있는 상태(vis-D, cog-D)의 뇌파 신호로부터도 주의 산만 수준을 추정할 수 있는지를 테스트할 수 있다.

[0120] 단계 S400에서는, 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류할 수 있다.

[0122] 실험

- [0124] 건강한 오른손잡이 성인 15명(남성 8명, 여성 7명)을 모집했으며(IRB 번호: 40525-202106-HR-024-03), 모든 참가자로부터 사전 동의를 받았다. 참가자들의 평균 연령은 25.67세(± 3.48 세)였다.
- [0126] 운동 콘텐츠의 각 세션은 2개의 시도로 구성되며 1개의 시도에는 도 4에 도시된 바와 같은 4가지 조건이 모두 무작위 순서로 주어졌으며 각 조건의 길이는 60초일 수 있다. 또한 SSVEP 자극 없이 타겟과 커서가 깜박이지 않는 소위 비 깜박임 패러다임에서도 동일한 세션을 수행했다. 따라서 각 참가자가 모든 작업을 완료하는 데 총 32분이 소요되었다.
- [0128] EEG 데이터는 DSI-24(웨어러블 센싱, 미국 샌디에고)를 사용하여 300Hz의 샘플링 속도로 19개의 건조 전극에서 수집되었다. 전극은 Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 및 O2 위에 표준 10-20 구성표로 배치되었다. Fpz는 ground channel로 사용했고, A1과 A2의 평균은 reference로 사용했다. 실험을 수행하기 전에 신호 품질 검사를 수행하여 모든 채널의 임피던스 값이 제조업체의 권장 사항을 충족하는 1M Ω 미만이고 EEG 신호의 안정성이 70 μ V 진폭 미만인지 확인했다.
- [0130] 수집된 뇌파 신호를 1초마다 분할하여 EEGNet 모델의 학습 과정을 거쳤으며, Adam 옵티마이저를 사용하여 모델을 피팅했다. 200회의 학습 반복(epoch)을 수행하고 검증률 중 가장 낮은 검증 세트 손실(patience = 50)이 생성될 때 모델 가중치를 저장했다. 이 모델의 배치 크기와 학습률은 각각 16과 0.01이다. 검증은 모델의 일반적인 사용 가능성을 테스트하기 위해 하나의 주제에서 벗어나는 교차 검증 방법을 사용하여 수행되었다.
- [0132] 먼저, SSVEP 응답의 진폭을 분석하여 SSVEP 응답이 조건의 영향을 받는지 확인하고 ANOVA(Analysis of Variance)를 사용하여 응답 진폭을 비교했다. 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법으로 측정한 사용자의 뇌파 신호를 모두 평균해 나타낸 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 타겟과 커서가 깜박이는 패러다임에서 SSVEP 응답이 관찰되었고(좌측 그림), 응답의 진폭은 주의를 산만하게 하는 요인의 수에 따라 체계적으로 변하는 경향을 보였다(우측 그림). ANOVA 검정에서 유의한 주효과가 나타났고($p = 0.013$), 사후 분석에서는 both-D 조건보다 non-D 조건에서 더 높은 SSVEP 반응에 대한 강한 경향을 보였다($p = 0.050$).
- [0134] 둘째, t-test를 이용하여 깜박임 자극이 있는 패러다임과 없는 패러다임의 2등급 분류기의 분류 정확도를 비교하여 깜박임 패러다임이 유의한지 판단하였다. 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에 의한 분류 결과를 혼동 매트릭스(Confusion matrix)로 나타낸 도면이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 깜박임 커서와 대상을 포함하는 조건에서 얻은 데이터로 훈련된 모델의 평균 정확도는 78%인 반면, 비 깜박임 패러다임은 61.5%의 낮은 정확도를 보였다. 정확도는 깜박임이 있거나 없는 패러다임 간에 크게 다르다($p = 0.005$).
- [0136] 셋째, 2등급 분류기를 하나의 산만 장치를 포함하는 실험에 적용했을 때의 분류 패턴을 조사했는데, 이는 2개 분류기가 산만하지 않은 제적과 극도로 산만한 탐방로를 어떻게 분류했는지 알 수 있다. 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 산만 정도에 따른 분류 결과를 나타낸 도면이다. 방해 요소가 없는 조건(non-D)과 2개의 방해 요소가 모두 있는 조건(both-D)으로 학습된 EGGNet 모델을 한 가지 유형의 방해 요소(시각적 또는 인지적)만 있는 조건(vis-D, cog-D)의 데이터로 테스트하였다. 도 9에 도시된 바와 같이, 시각 및 인지 산만 데이터의 경우 깜박임 자극이 있는 패러다임에서는 각각 58.5% 및 49.8%의 데이터가 산만으로 분류되었으며, 깜박임 자극이 없는 패러다임에서는 각각 65.2% 및 58.7%의 데이터가 산만으로 분류되었다. 따라서 깜박임 자극이 있는 패러다임에서는 주의 산만 장치의 수가 변경됨에 따라 분류에 점진적인 변화가 있었던 반면, 깜박임 자극이 없는 패러다임에서는 명확한 변화가 관찰되지 않았다.
- [0138] 구체적으로 4가지 조건 모두에 대한 분류 결과의 그래프를 보면 non-D는 대부분 '주의가 산만하지 않음'으로 분

류되고 분류기는 both-D를 '완전히 산만함'으로 분류하는 것으로 나타났다. 또한, 하나의 산만 요소(vis-D 또는 cog-D)가 있는 상태는 non-D 또는 both-D로 균등하게 분류되었다. 이러한 경향은 깜박임 자극이 있는 패러다임에서는 두드러졌으나, 깜박임 자극이 없는 패러다임에서는 그렇지 않았다.

[0140] 마지막으로, 시점 분류 결과에 윈도우 및 평균화 방법을 적용하여 윈도우별로 여러 수준의 분류 결과를 나타내었다. 수준은 주의 산만 수준을 나타내는데, 0에 가까운 값은 주의가 산만하지 않음을 나타내고 1에 가까운 값은 완전히 주의가 산만함을 나타낸다. 본 실험에서는 평균화에 필요한 포인트 수를 나타내는 창 크기를 5로 설정했다. 따라서 평균값은 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 또는 1이 될 수 있다. 윈도우 및 평균화 방법을 사용하면 3개의 클래스 케이스에 대한 분류 결과, 두 개의 연속 값이 산만하지 않은(Not Distracted), 보통(Moderately Distracted), 및 극도로 산만함(Extremely Distracted)을 각각 얻을 수 있었고 깜박임 자극이 있는 패러다임과 없는 패러다임을 비교할 수 있었다.

[0142] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 윈도우 방법을 적용해 분석한 분류 결과를 매트릭스로 나타낸 도면이다. 도 10은 혼동 행렬을 나타내는데, 윈도우 평균화 방식을 적용할 때 vis-D에 적용하면(cog-D는 사용하지 않음), Not Distracted, Moderately Distracted, Extremely Distracted의 세 가지 수준 중 하나로 할당되었다. 5개의 포인트가 있는 이 윈도우 방법은 깜박임 자극이 있는 패러다임의 경우 평균 63.3%, 깜박임 자극이 없는 패러다임의 경우 평균 45.9%의 정확도를 보여주었다($p = 0.002$).

[0144] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법에서, 각 상태에서의 산만 정도를 나타낸 도면이다. 윈도우 방식은 시간에 따른 주의 산만 정도의 변화를 보여줄 수도 있는데, 도 11은 각 조건별 대표 개인의 경과 시간에 따른 주의 산만 정도를 나타낸 것이다. 깜박임이 있는 패러다임의 주의 산만 수준은 vis-D 및 cog-D보다 non-D 조건에서 더 낮게 유지되었다. 후자의 두 조건은 동일한 유형의 산만을 가지며, 그 결과는 산만하지 않음과 극도로 산만 사이에서 일관되게 나타났으며, 극도의 산만을 나타내는 both-D 조건의 결과는 높은 수준을 유지했다. 그러나, 깜박거림 자극이 없는 패러다임의 경향은 깜박임 패러다임만큼 두드러지지 않는 것이다.

[0146] 윈도우 방식은 산만 요소의 수에 따른 주의 산만 정도를 반영하며, 창 크기를 증가시키면 산만 정도에 대한 보다 부드러운 그래프를 얻을 수 있다. 깜박임 패러다임과 비 깜박임 패러다임을 비교한 결과, 깜박임 패러다임의 주의 산만 수준 값은 대부분 각 클래스의 임계값 사이에 있는 반면, 비 깜박임 패러다임은 예측 때문에 다른 조건에 대한 수준을 정확하게 분류할 수 없었다.

[0148] 진술한 바와 같이, 본 발명에서 제안하고 있는 SSVEP를 적용한 운동과제 집중상태 측정 방법 및 시스템에 따르면, 운동과제를 구성하는 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용해 운동 콘텐츠를 구성하고, 구성된 운동 콘텐츠를 통해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안 뇌파 신호를 측정해 EEGNet 모델로 집중상태를 분류함으로써, 깜박임 패러다임을 적용해 운동과제 수행 중의 집중상태 분류 정확도를 높일 수 있다.

[0150] 한편, 본 발명은 다양한 통신 단말기로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터에서 판독 가능한 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터에서 판독 가능한 매체는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media) 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치를 포함할 수 있다.

[0152] 이와 같은 컴퓨터에서 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 이때, 컴퓨터에서 판독 가능한 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 구현하기 위

하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 예를 들어, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함할 수 있다.

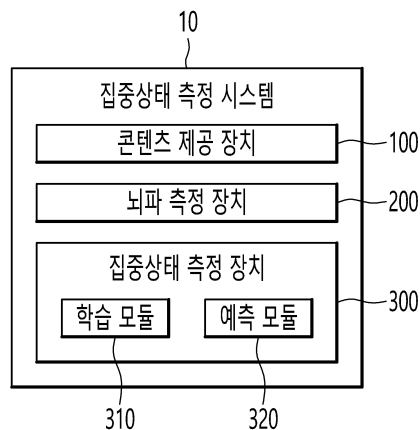
[0154] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

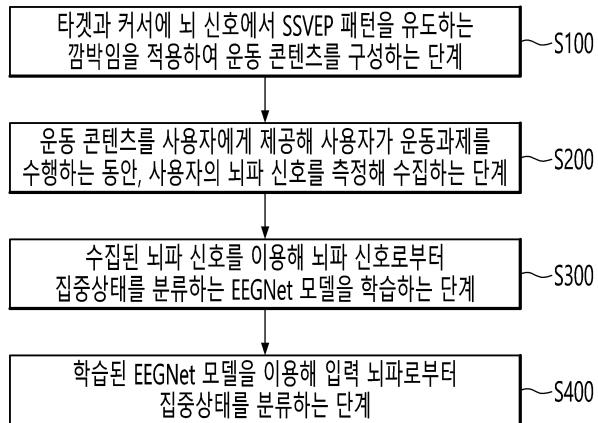
[0155] 10: 집중상태 측정 시스템
 100: 콘텐츠 제공 장치
 200: 뇌파 측정 장치
 300: 집중상태 측정 장치
 310: 학습 모듈
 320: 예측 모듈
 S100: 타겟과 커서에 뇌 신호에서 SSVEP 패턴을 유도하는 깜박임을 적용하여 운동 콘텐츠를 구성하는 단계
 S200: 운동 콘텐츠를 사용자에게 제공해 사용자가 운동과제를 수행하는 동안, 사용자의 뇌파 신호를 측정해 수 집하는 단계
 S300: 수집된 뇌파 신호를 이용해 뇌파 신호로부터 집중상태를 분류하는 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계
 S310: 수집된 뇌파 신호에서 잡음 신호를 제거하고 전처리하는 단계
 S320: 전처리된 신호 중 집중상태와 시각 및 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 학습하는 단계
 S330: 전처리된 신호 중 시각 산만 상태와 인지 산만 상태의 뇌파 신호를 이용해 학습된 EEENet 모델을 테스트 하는 단계
 S400: 학습된 딥러닝 또는 머신러닝 모델을 이용해 입력 뇌파로부터 집중상태를 분류하는 단계

도면

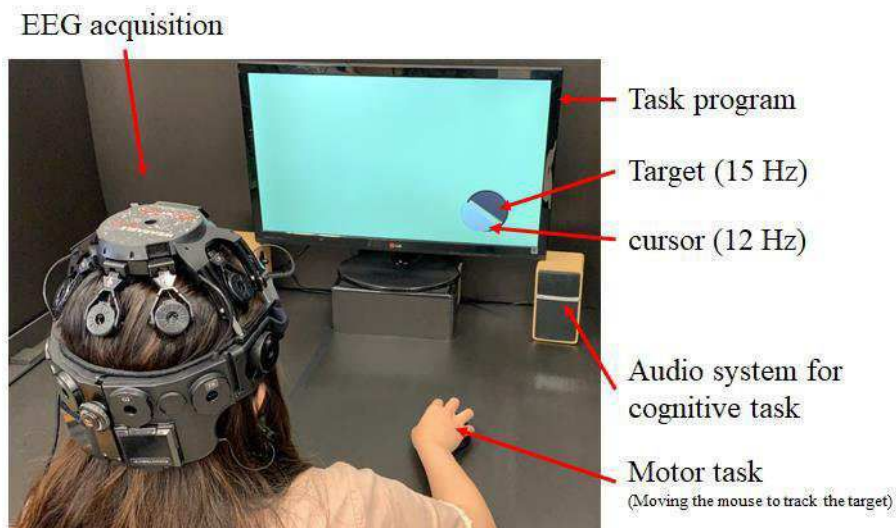
도면1



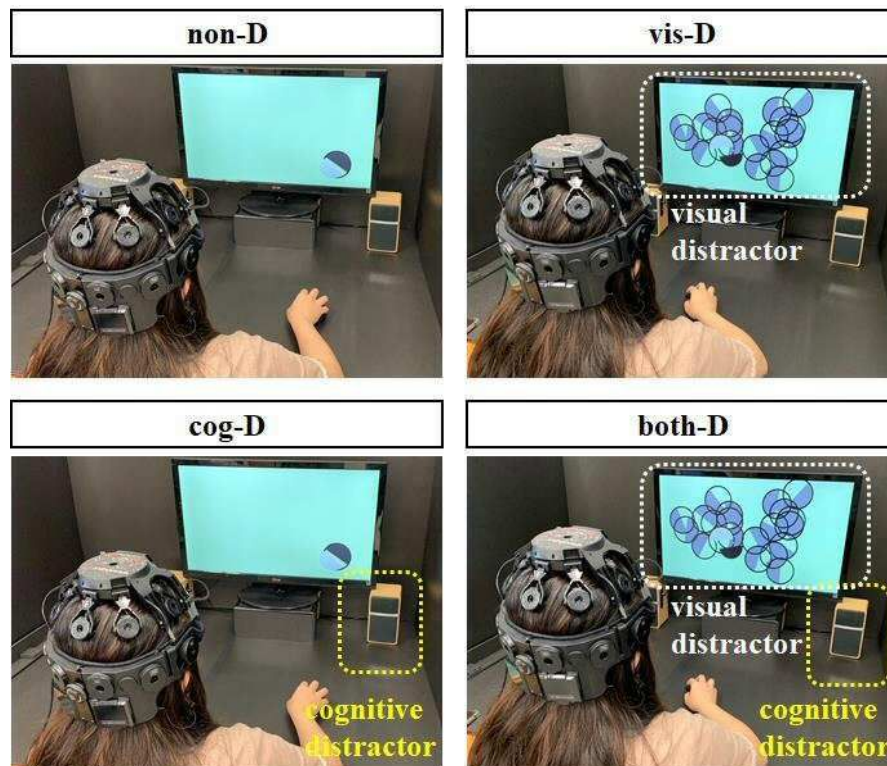
도면2



도면3



도면4

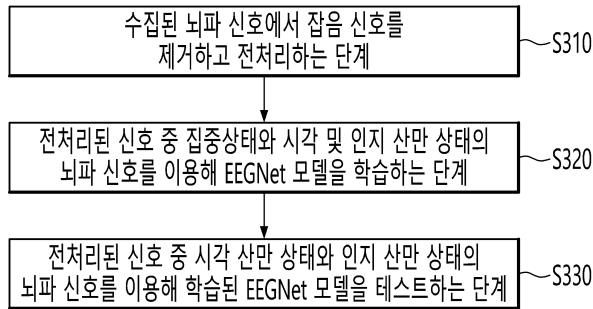


도면5

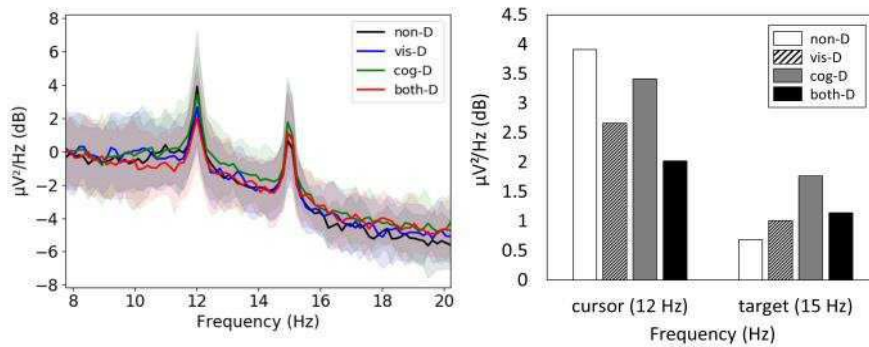
Block	Layer	Filters	Size	Output	Params	Activation	Option
1	Input			(-1,19,300)	0		
	Conv2D	8	(1,32)	(-1,8,19,300)	256		
	BatchNorm			(-1,8,19,300)	16		
	DepthwiseConv2D	16	(19,3)	(-1,16,1,300)	304		
	BatchNorm			(-1,16,1,300)	32		
	Activation			(-1,16,1,300)	0	ReLU	
	AveragePool2D		(1,16)	(-1,16,1,18)	0		p=0.5
	Dropout			(-1,16,1,18)	0		
2	SeparableConv2D		(1,16)	(-1,16,1,18)	256		
	BatchNorm			(-1,16,1,18)	32		
	Activation			(-1,16,1,18)	0	ReLU	
	AveragePool2D		(1,18)	(-1,16,1,1)	0		
	Dropout			(-1,16,1,1)	0		p=0.5
Classifier	Flatten			(-1,16)			
	Linear			(-1,2)		CrossEntropyLoss	

도면6

300



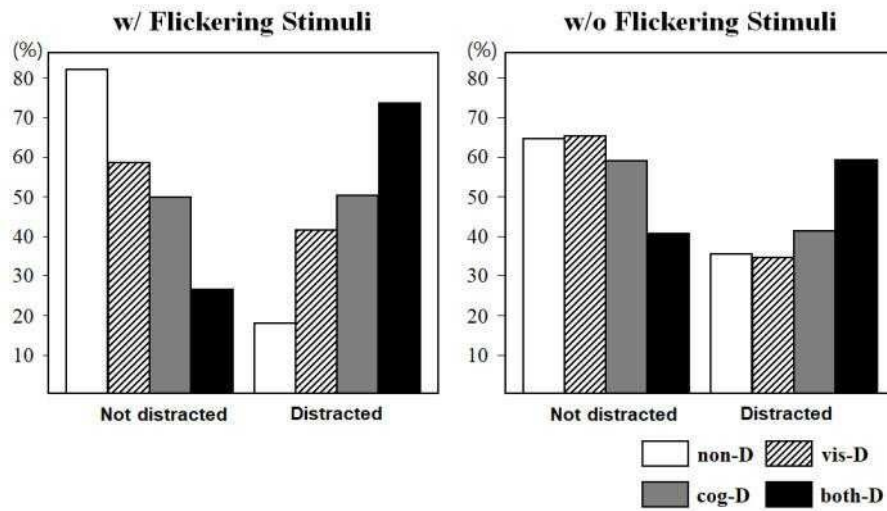
도면7



도면8

		w/ Flickering Stimuli		w/o Flickering Stimuli	
		Predicted Class		Predicted Class	
		Not Distracted	Distracted	Not Distracted	Distracted
Actual Class	Not Distracted	0.82	0.18	0.64	0.36
	Distracted	0.26	0.74	0.41	0.59

도면9



도면10

		Flickering condition			Non Flickering condition		
		Predicted Class			Predicted Class		
		Not Distracted	Moderately Distracted	Extremely Distracted	Not Distracted	Moderately Distracted	Extremely Distracted
Actual Class	No Distractor	0.765	0.192	0.043	0.539	0.248	0.213
	Single Distractor	0.309	0.493	0.199	0.443	0.402	0.155
	Both Distractor	0.1	0.259	0.641	0.210	0.353	0.436

도면11

