(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0074638
(43) 공개일자 2024년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) *G06N 3/08* (2023.01)
G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/4812 (2013.01)
A61B 5/7207 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0108141
(22) 출원일자 2023년08월18일
심사청구일자 2023년08월18일
(30) 우선권주장
1020220156746 2022년11월21일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이성환
서울특별시 강남구 언주로30길 13 (대림아크로빌,대림아크로텔)B-2902
곽헌규
경기도 남양주시 오남읍 진건오남로884번길 22-48 성호아파트101동 103호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인위솔

전체 청구항 수 : 총 10 항

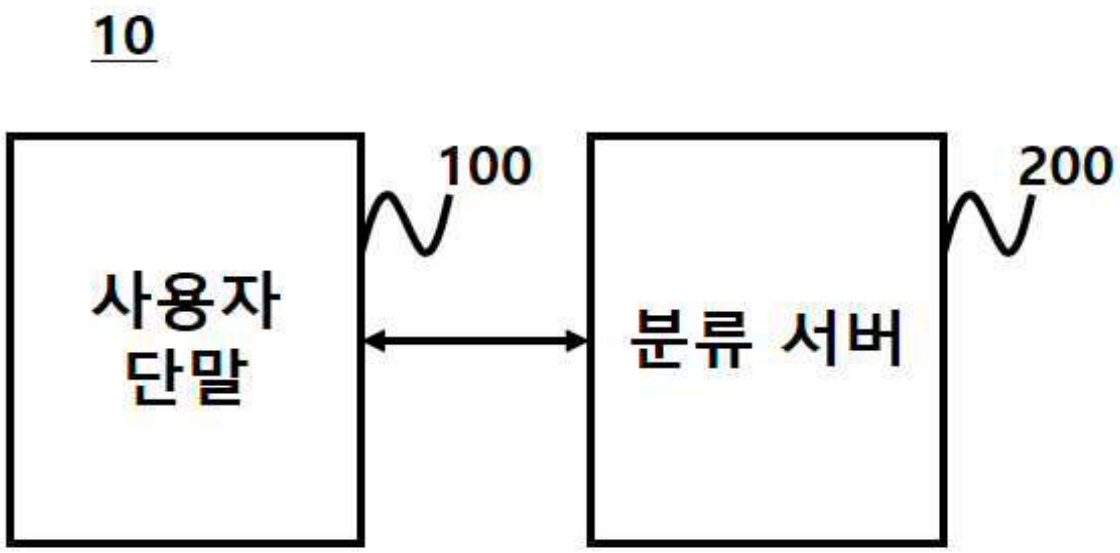
(54) 발명의 명칭 **대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템은 사용자의 생체신호를 측정하고, 사용자 생체신호를 전처리하는 사용자 단말 및 상기 사용자 단말로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신하고, 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출하고, 추출된 고유한 사용자 생체

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출하며, 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류하는 분류 서버를 포함하되, 상기 사용자의 생체신호는 환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는 노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함한다.

(52) CPC특허분류
A61B 5/7225 (2021.01)
A61B 5/7264 (2023.08)
G06N 3/08 (2023.01)
G16H 50/20 (2018.01)

(72) 발명자
권용석
인천광역시 미추홀구 주안동로25번길 51 (주안동)
주안할인유통
신기환
대구광역시 수성구 파동로22길 15 수성아이파크
104동 406호

조하나
서울특별시 성북구 안암로 61-1 구겸빌딩 703호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711153025
과제번호 2017-0-00451-006
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발
연구과제명 (BCI-2세부) 딥러닝을 이용하여 사람의 의도를 인지하는BCI 기반 뇌인지컴퓨팅 기술개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 고려대학교산학협력단
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711152863
과제번호 2021-0-02068-002
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신방송혁신인재양성
연구과제명 인공지능 혁신 허브 연구 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 고려대학교산학협력단
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711152886
과제번호 2019-0-00079-004
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신방송혁신인재양성
연구과제명 인공지능대학원지원(고려대학교)
기 여 율 1/3
과제수행기관명 고려대학교산학협력단
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

사용자의 생체신호를 측정하고, 사용자 생체신호를 전처리하는 사용자 단말;및

상기 사용자 단말로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신하고, 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출하고, 추출된 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출하며, 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류하는 분류 서버;

를 포함하되,

상기 사용자의 생체신호는

환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는

노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 사용자 단말은

사용자의 생체신호를 측정하는 생체신호 측정부;

측정된 사용자의 생체신호(이하, 사용자 생체신호 측정 데이터)에서 노이즈 제거 및 전처리를 수행하는 전처리부;및

상기 전처리부가 노이즈 제거 및 전처리를 수행한 사용자 생체신호 측정 데이터를 분류 서버로 송신하는 제1통신부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분류 서버는

상기 제1통신부로부터 노이즈 제거 및 전처리가 수행된 사용자 생체신호 측정 데이터(이하, 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터)를 수신하는 제2통신부;

상기 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터를 저장하는 메모리부;및

상기 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터에서 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출하는 제1특징 추출부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분류 서버는

메모리부가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터 및 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터를 대상으로 대조학습(Contrastive learning)을 수행하는 대조학습 수행부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 분류 서버는

메모리부가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터에서 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 추출하는 제2특징 추출부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 분류 서버는

제1특징 추출부가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 제2특징 추출부가 추출한 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사한 특징(이하, 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징)을 추출하는 유사 특징 추출부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 분류 서버는

제1특징 추출부가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 유사 특징 추출부가 추출한 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징을 이용하여 사용자의 수면 단계를 분류하는 수면 단계 분류부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 사용자 단말은 상기 분류 서버로부터 사용자의 수면 단계 분류 결과를 수신하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 사용자 단말은

상기 분류 서버로부터 수신한 사용자의 수면 단계 분류 결과를 출력하는 디스플레이부;

를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템.

청구항 10

사용자 단말이 사용자의 생체신호를 측정하는 단계;

상기 사용자 단말이 측정한 사용자 생체신호를 전처리하는 단계;

분류 서버가 상기 사용자 단말로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신하는 단계;

상기 분류 서버가 전처리된 사용자의 생체신호로부터 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출하는 단계;

상기 분류 서버가 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출하는 단계;및

상기 분류 서버가 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류하는 단계;

를 포함하되,

상기 사용자의 생체신호는

환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는

노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함하는,

대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자동 수면 단계 분류 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 보다 자세하게는 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 수면 전문가들을 수면 다원 검사를 통해 여러 환자의 수면의 질을 평가하며 여러 가지 수면 장애들을 진단한다. 수면 전문가들은 수면 다원 검사를 통해 환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2), 혈류 등의 여러 가지 생체신호들을 기록하며, 이 생체신호들을 이용하여 미국 수면 의학회(American Academy of Sleep Medicine; AASM)의 지침을 바탕으로 매 30초의 수면 시간마다 각성 (Wake), 비 렘수면 1단계 (Non-REM1), 비 렘수면 2단계 (Non-REM2), 비 렘수면 3단계 (Non-REM3), 그리고 렘수면 (Rapid eye movement; REM)으로 환자의 수면 단계를 분류한다.

[0003] 하지만 이러한 수동적인 방식은 수면 전문가들에게 높은 수준의 의학적 지식과 노동력을 요구하며, 많은 양의 시간적 자원을 필요로 한다.

[0004] 따라서 수면 전문가들을 보조하고 나아가 일반 사용자들이 전문적인 지식 없이도 자신의 수면의 질을 스스로 평가할 수 있도록 도와주는 자동 수면 단계 분류 시스템에 관한 연구들이 제시되고 있다(A. Supratak et al., 2017).

[0005] 이러한 연구들을 바탕으로, 현재 스마트 헬스 케어 시장에는 애플워치, 핏빗, 갤럭시 워치, 미밴드 등의 자동 수면 단계 분류 시스템을 탑재한 스마트 웨어러블 장치들이 상용화되어 있다.

[0006] 이러한 시스템들은 주로 PPG(photoplethysmography, 광혈류측정) 라는 생체신호 측정 기술과 신체 가속도 센서를 활용하여 수면 단계를 분류하는데, 자동 수면 단계 분류 연구들에서 주로 활용되는 생체신호인

EEG(electroencephalography, 뇌전도) 기반의 시스템과 비교하여 정확도가 더 낮은 것으로 알려져 있다(L. R. Rentz et al., 2021 and K. Kim et al., 2021).

[0007] 심층학습 기술의 발전과 함께, EEG 기반 자동 수면 단계 분류 시스템은 통제된 환경에서 특정 데이터 세트를 사용할 경우에는 인간 수면 전문가들과 비슷한 수준의 성능을 보여준다(J. P. Baker et al., 2022).

[0008] 다만, EEG 기반 자동 수면 단계 분류 시스템은 높은 성능에도 불구하고, 아직 상용화 수준이 미미한데, 그 이유 중 하나가 생체신호 기반 자동 수면 단계 분류 시스템이 우리의 일상생활과 같이 통제되지 않은 상황에서 여러 가지 데이터 세트를 바탕으로 작동할 경우, 성능의 편차가 크게 나타난다는 문제 때문이다(A. Guillot et al., 2021).

[0009] 따라서 자동 수면 단계 분류 시스템이 우리 실생활에서 활용될 수 있을 만큼 유의미한 성능과 안정성을 갖출 수 있도록, 환자 간의 성능 편차를 줄일 수 있는 자동 수면 단계 분류 시스템을 개발해야 할 필요가 있다.

[0010] 또한, 기존의 발명들은 자동 수면 단계 분류라는 목적에 있어서, 사용하는 생체신호를 다양화하고 이를 추출하고 분석하는 방법론을 서로 다른 방식으로 접근하는 것에 초점을 맞춰왔다. 이러한 접근 방식들은 특정 환경 내에서나 특정 사용자들에게는 높은 성능을 보일 수 있으나, 다양한 상황에서 여러 사용자에게 안정적인 성능을 보이는 것에 한계점이 있다.

[0011] 그리고 생체신호를 이용하여 자동으로 수면 단계를 측정하는 국내 기술로써, 맥박산소를 활용한 방법, 뇌 연결성을 활용하여 사용자의 의식 수준을 바탕으로 방법, 심박변이도의 프랙탈 속성을 이용한 방법, 뇌파 및 안전도, 심전도를 활용하는 방법, 심층학습을 통해 생체신호의 특징을 추출하고 수면 단계를 분류하는 방법 등이 있다. 상기 언급된 기술들은 다양한 생체신호와 분석방법을 이용하지만, 자동 수면 단계 분류 시스템의 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 방법에 대한 접근이 미비하다는 한계점이 있다.

[0012] 자동 수면 단계 분류에 관한 해외 기술로는, 사용자의 뇌전도와 수면 사이클을 바탕으로 수면 단계를 분류하는 방법, 뇌전도와 심전도를 사용하는 방법, 사용자의 맥박을 활용하는 방법, 사용자의 호흡량과 호흡 가변성을 사용하는 방법, 안전도를 기반으로 피로도를 측정하여 수면 단계를 분류하는 방법 등이 있다. 하지만 이러한 기술들 역시 자동 수면 단계 분류 시스템에서의 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 방법에 대한 접근은 미비하다는 한계점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0129028(2017.11.24)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술한 한계점 및 문제점을 극복할 수 있으며, 작동 환경과 사용자 변화에 따라 분류 성능이 안정적이지 못한 문제점을 해결하여 실생활에 유용하게 사용될 수 있으며, 여러 사용자 간에 공유하고 있는 생체신호 특징들을 바탕으로 분류를 진행함으로써, 기존의 방법들보다 더욱 사용자 변화에 강인하며 안정적인 성능을 유도할 수 있고, 기계학습 기반의 자동 수면 단계 분류 시스템의 근본적인 문제라고 할 수 있는 사용자 간의 성능 편차를 줄일 수 있는 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템은 사용자의 생체신호를 측정하고, 사용자 생체신호를 전처리하는 사용자 단말 및 상기 사용자 단말로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신하고, 고유한 사용자 생체신호 특징

을 추출하고, 추출된 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출하며, 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류하는 분류 서버를 포함하되, 상기 사용자의 생체신호는 환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는 노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함한다.

[0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 사용자 단말은 사용자의 생체신호를 측정하는 생체신호 측정부, 측정된 사용자의 생체신호(이하, 사용자 생체신호 측정 데이터)에서 노이즈 제거 및 전처리를 수행하는 전처리부 및 상기 전처리부가 노이즈 제거 및 전처리를 수행한 사용자 생체신호 측정 데이터를 분류 서버로 송신하는 제1통신부를 포함할 수 있다.

[0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 분류 서버는 상기 제1통신부로부터 노이즈 제거 및 전처리가 수행된 사용자 생체신호 측정 데이터(이하, 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터)를 수신하는 제2통신부, 상기 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터를 저장하는 메모리부 및 상기 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터에서 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출하는 제1특징 추출부를 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 분류 서버는 메모리부가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터 및 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터를 대상으로 대조학습(Contrastive learning)을 수행하는 대조학습 수행부를 포함할 수 있다.

[0020] 일 실시 예에 따르면, 상기 분류 서버는 메모리부가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터에서 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 추출하는 제2특징 추출부를 포함할 수 있다.

[0021] 일 실시 예에 따르면, 상기 분류 서버는 제1특징 추출부가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 제2특징 추출부가 추출한 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사한 특징(이하, 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징)을 추출하는 유사 특징 추출부를 포함할 수 있다.

[0022] 일 실시 예에 따르면, 상기 분류 서버는 제1특징 추출부가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 유사 특징 추출부가 추출한 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징을 이용하여 사용자의 수면 단계를 분류하는 수면 단계 분류부를 포함할 수 있다.

[0023] 일 실시 예에 따르면, 상기 사용자 단말은 상기 분류 서버로부터 사용자의 수면 단계 분류 결과를 수신할 수 있다.

[0024] 일 실시 예에 따르면, 상기 사용자 단말은 상기 분류 서버로부터 수신한 사용자의 수면 단계 분류 결과를 출력하는 디스플레이부를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법은 사용자 단말이 사용자의 생체신호를 측정하는 단계, 상기 사용자 단말이 측정한 사용자 생체신호를 전처리하는 단계, 분류 서버가 상기 사용자 단말로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신하는 단계, 상기 분류 서버가 전처리된 사용자의 생체신호로부터 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출하는 단계, 상기 분류 서버가 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출하는 단계 및 상기 분류 서버가 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류하는 단계를 포함하되, 상기 사용자의 생체신호는 환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는 노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함한다.

발명의 효과

[0026] 상기와 같은 본 발명에 따르면 상술한 한계점 및 문제점을 극복할 수 있으며, 작동 환경과 사용자 변화에 따라 분류 성능이 안정적이지 못한 문제점을 해결하여 실생활에 유용하게 사용될 수 있으며, 여러 사용자 간에 공유하고 있는 생체신호 특징들을 바탕으로 분류를 진행함으로써, 기존의 방법들보다 더욱 사용자 변화에 강인하며 안정적인 성능을 유도할 수 있고, 기계학습 기반의 자동 수면 단계 분류 시스템의 근본적인 문제라고 할 수 있

는 사용자 간의 성능 편차를 줄일 수 있는 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0027] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해 될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템의 전체 구성을 예시적으로 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템의 전체 구성을.개략적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템에 있어서, 사용자 단말의 구조를 예시적으로 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템에 있어서, 분류 서버의 구조를 예시적으로 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템에 있어서, 샴 네트워크(Siamese network) 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법의 대표적인 단계를 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명의 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 명세서에 첨부된 도면에 의거한 이하의 상세한 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다. 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시 예를 상세하게 설명한다.

[0030] 본 명세서에서 개시되는 실시 예들은 본 발명의 범위를 한정하는 것으로 해석되거나 이용되지 않아야 할 것이다. 이 분야의 통상의 기술자에게 본 명세서의 실시 예를 포함한 설명은 다양한 응용을 갖는다는 것이 당연하다. 따라서, 본 발명의 상세한 설명에 기재된 임의의 실시 예들은 본 발명을 보다 잘 설명하기 위한 예시적인 것이며 본 발명의 범위가 실시 예들로 한정되는 것을 의도하지 않는다.

[0031] 도면에 표시되고 아래에 설명되는 기능 블록들은 가능한 구현의 예들일 뿐이다. 다른 구현들에서는 상세한 설명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다른 기능 블록들이 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 하나 이상의 기능 블록이 개별 블록들로 표시되지만, 본 발명의 기능 블록들 중 하나 이상은 동일 기능을 실행하는 다양한 하드웨어 및 소프트웨어 구성들의 조합일 수 있다.

[0032] 또한, 어떤 구성요소들을 포함한다는 표현은 "개방형"의 표현으로서 해당 구성요소들이 존재하는 것을 단순히 지칭할 뿐이며, 추가적인 구성요소들을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

[0033] 나아가 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급될 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 한다.

[0034] 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명의 세부적인 실시 예들에 대해 살펴보도록 한다.

[0035] 명세서 전체에서 실시 예는 본 발명의 목적을 달성하기 위한 바람직한 실시 예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 구성이 추가되거나 삭제될 수 있고, 어느 한 구성이 수행하는 역할을 다른 구성이 함께 수행할 수도 있음은 물론이다.

[0036] 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템(10)은 프로세서(미도시), 네트워크 인터페이스(미도시), 메모리(미도시), 스토리지(미도시) 및 이들을 연결하는 데이터 버스(미도시)를 포함할 수 있으며, 기타 본 발명의 목적을 달성함에 있어 요구되는 부가적인 구성들을 더 포함할 수 있음은 물론이라 할 것이다.

[0037] 프로세서(미도시)는 각 구성의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(미도시)는 CPU(Central Processing Unit), MPU(Micro Processer Unit), MCU(Micro Controller Unit) 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 널리 알려져 있는 형태의 인공지능 프로세서 중 어느 하나일 수 있다. 아울러, 프로세서(미도시)는 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템(10)에서 설명할 각각의 동작을 수행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있다.

[0038] 네트워크 인터페이스(미도시)는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템(10)의 유무선 인터넷 통신을 지원하며, 그 밖의 공지의 통신 방식을 지원할 수도 있다. 따라서 네트워크 인터페이스(미도시)는 그에 따른 통신 모듈을 포함하여 구성될 수 있다.

[0039] 메모리(미도시)는 각종 정보, 명령 및/또는 정보를 저장하며, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법을 수행하기 위해 스토리지(미도시)로부터 하나 이상의 컴퓨터 프로그램(미도시)을 로드할 수 있다. 메모리(미도시)의 하나로 RAM을 예로 들 수 있으나 이와 더불어 다양한 저장 매체를 메모리(미도시)로 이용할 수 있음은 물론이다.

[0040] 스토리지(미도시)는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램(미도시) 및 대용량 네트워크 정보(미도시)를 비임시적으로 저장할 수 있다. 이러한 스토리지(미도시)는 ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, 하드 디스크(HDD), 보조 저장 매치(SSD), 착탈형 디스크, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 널리 알려져 있는 임의의 형태의 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체 중 어느 하나일 수 있다.

[0041] 데이터 버스(미도시)는 이상 설명한 프로세서(미도시), 네트워크 인터페이스(미도시), 메모리(미도시) 및 스토리지(미도시) 사이의 명령 및/또는 정보의 이동 경로가 된다.

[0042] 이상 간단하게 설명한 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템(10)은 독립된 디바이스의 형태, 예를 들어 전자 기기나 서버(클라우드 포함)의 형태일 수 있으며, 여기서 전자 기기는 한 장소에 고정 설치되어 사용하는 데스크톱 PC, 서버 디바이스 등과 같은 기기 뿐만 아니라, 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 PC, PDA, PMP 등과 같이 휴대가 용이한 포터블 기기 등이라도 무방한바, 프로세서(미도시)에 해당하는 CPU 등이 설치되고 네트워크 기능만 보유하고 있는 전자 기기라면 어떠한 것이라도 무방하다 할 것이다.

[0043] 또한, 명세서 전체에서 사용자 단말(100)은 한 장소에 고정 설치되어 사용하는 데스크톱 PC, 서버 디바이스 등과 같은 기기 뿐만 아니라, 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 PC, PDA, PMP 등과 같이 휴대가 용이한 포터블 기기 등이라도 무방할 것이다.

[0044] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템의 전체 구성을 예시적으로 도시한 도면이다.

[0045] 도 1을 참고할 때, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템은 수면다원검사를 통해 수집한 생체신호를 입력으로 하여 자동 분류 모델을 수행할 수 있고, 자동 분류 모델 수행 결과 수면단계를 예측한 분류 결과로서 예측된 수면단계 분류 결과를 사용자 단말(100)이 출력함으로써, 사용자가 예측된 수면단계 분류 결과를 확인할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0046] 도 2는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템의 전체 구성을.개략적으로 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템에 있어서, 사용자 단말의 구조를 예시적으로 도시한 도면이며, 도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템에 있어서, 분류 서버의 구조를 예시적으로 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템에 있어서, 샴 네트워크(Siamese network) 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0047] 도 2를 참고하면, 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템(10)은 사용자 단말(100) 및 분류 서버(200)를 포함할 수 있다.

[0048] 그리고 여기서, 사용자 단말(100) 및 분류 서버(200) 간의 데이터 송수신은 유무선 통신을 통해 이뤄질 수 있으며, 통신 방법은 유선 통신이든 무선 통신이든 상관없으며, 특정 통신 방법으로 한정되지 않을 것이다.

[0049] 사용자 단말(100)은 사용자의 생체신호를 측정할 수 있고, 측정한 사용자 생체신호를 전처리할 수 있다.

[0050] 여기서, 사용자의 생체신호는 환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0051] 그리고 분류 서버(200)는 사용자 단말(100)로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신할 수 있다.

[0052] 또한, 분류 서버(200)는 사용자 단말(100)로부터 수신할 수 있는 전처리된 사용자의 생체신호로부터 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0053] 그리고 분류 서버(200)는 추출된 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출할 수 있다.

[0054] 여기서, 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는 노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함할 수 있다.

[0055] 또한, 분류 서버(200)는 추출된 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류할 수 있다.

[0056] 도 3을 참고하면, 사용자 단말(100)은 생체신호 측정부(110), 전처리부(120), 제1통신부(130) 및 디스플레이부(140)를 포함할 수 있다.

[0057] 또한, 도 4를 참고하면, 분류 서버(200)는 제2통신부(210), 메모리부(220), 제1특징 추출부(230), 제2특징 추출부(240), 대조학습 수행부(250), 유사 특징 추출부(260) 및 수면 단계 분류부(270)를 포함할 수 있다.

[0058] 보다 상세하게는 생체신호 측정부(110)는 사용자의 생체신호를 측정할 수 있다.

[0059] 여기서, 생체신호 측정부(110)는 사용자가 착용할 수 있는 웨어러블 장비로 구현될 수 있으며, 사용자의 생체신호를 측정할 수 있는 센서 모듈을 포함할 수 있다.

[0060] 그리고 전처리부(120)는 측정된 사용자의 생체신호(이하, 사용자 생체신호 측정 데이터)에서 노이즈 제거 및 전처리를 수행할 수 있다.

[0061] 여기서, 전처리부(120)가 제거하는 노이즈는 사용자의 생체신호 측정 과정에서 사용자의 움직임, 뒤척임 등에 의해 발생할 수 있는 노이즈를 의미할 수 있다.

[0062] 그리고 전처리부(120)가 수행하는 전처리는 downsampling, bandpass filtering 등의 신호처리를 포함할 수 있다.

[0063] 또한, 제1통신부(130)는 전처리부(120)가 노이즈 제거 및 전처리를 수행한 사용자 생체신호 측정 데이터를 분류 서버(200)로 송신할 수 있다.

[0064] 그리고 제2통신부(210)는 제1통신부(130)로부터 노이즈 제거 및 전처리가 수행된 사용자 생체신호 측정 데이터(이하, 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터)를 수신할 수 있다.

[0065] 또한, 메모리부(220)는 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터를 저장할 수 있다.

[0066] 그리고 제1특징 추출부(230)는 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터에서 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0067] 보다 상세하게는 제1특징 추출부(230)는 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터에 대하여 합성곱 신경망(Convolutional neural network; CNN) 레이어, 배치 정규화 레이어, 선형 임베딩 레이어 및 드롭아웃 레이어를 통과시킴으로써, 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0068] 그리고 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징은 메모리부(220)가 저장할 수 있다.

[0069] 또한, 대조학습 수행부(250)는 메모리부(220)가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터 및 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터를 대상으로 대조학습(Contrastive learning)을 수행할 수 있다.

[0070] 그리고 제2특징 추출부(240)는 메모리부(220)가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터에서 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0071] 여기서, 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는 노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함할 수 있다.

[0072] 보다 상세하게는, 제2특징 추출부(240)는 메모리부(220)가 기 저장하고 있는 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터에 대하여, 합성곱 신경망(Convolutional neural network; CNN) 레이어를 통과시킴으로써, 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0073] 그리고 제2특징 추출부(240)는 샴 네트워크(Siamese network) 구조 또는 샴 네트워크(Siamese network) 모델의 입력 값으로서, 사용자 생체신호 측정 데이터를 의미할 수 있고, 사용자 간의 생체신호가 비슷한 특징을 가지도록 거리기반 손실함수를 이용하여 학습을 수행할 수 있다.

[0074] 또한, 제1특징 추출부(230)는 전처리된 사용자 생체신호 측정 데이터에 대하여 합성곱 신경망(Convolutional neural network; CNN) 레이어를 통과시킴으로써, 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징과 동일한 구조의 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0075] 그리고 제1특징 추출부(230)가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 제2특징 추출부(240)가 추출한 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징은 동일한 구조를 가질 수 있으며, 학습 파라미터의 가중치를 공유하는 샴 네트워크(Siamese network) 구조를 가질 수 있다.

[0076] 도 5를 참고하면, 샴 네트워크(Siamese network)란, 구조와 파라미터 가중치 값 이 같은 backbone network 두 개를 병렬적으로 배치하고, 입력 값을 서로 다르게 사용하는 네트워크 구조를 의미할 수 있다.

[0077] 도 5에서 빨간색 네모 박스 부분이 샴 네트워크(Siamese network)를 의미하는 부분이며, 샴 네트워크(Siamese network) 구성을 위해 병렬적으로 배치될backbone network는 도 5에서 각각 왼쪽 아래 주황색 네모박스 안의 형태를 띨 수 있다.

[0078] 본래 대조 학습(contrastive learning)은 입력 값x 와 x에 랜덤하게 약간의 변화(augmentation)를 가한 x_aug가 입력 값으로 사용될 수 있다.

[0079] 이 두 입력 값 쌍을 서로positive pair라부르는데, x와x_aug는augmentation으로 인해 조금 다른 형상을 갖게 되었지만 본질적으로는 같은contents정보를 포함하고 있기 때문이다.

[0080] 이positive pair간의 similarity를 최대화시키는 방향으로 네트워크의 학습을 진행시킨다면, augmentation에도 불변하는 특성들을 추출하도록 네트워크를 학습시킬 수 있을 것이다.

[0081] 하지만 본 발명에서는 x와 augmentation을 가한 x_aug를 입력 값으로 사용하지 않고 대신 x(원본도메인의데이터)와 x’ (원본 도메인이 아닌 다른 도메인에서 가져온 데이터)로 입력 값을 사용합니다.

[0082] 본 명세서에서는 도메인을 서로 다른 환경에서 기록된 데이터 셋들(sleep- EDF와 SHHS데이터셋)로 설정을 했지만, 뇌파의 특성이 사람마다 판이하게 다르기 때문에 각각의 사용자들 역시 도메인으로 둘 수 있으므로 본 발명에서 해당 방법의 적용이 가능할 것이다.

[0083] 서로 다른 도메인의 데이터x 와 x’ 을 샴 네트워크(Siamese network) 구조를 사용하여 대조학습(contrastive learning)할 경우, 여러 도메인 간에서로 불변하고 서로 공유하는 특징을 추출하도록 네트워크가 학습될 수 있다.

[0084] 따라서, 본 발명은 상술한 샴 네트워크(Siamese network) 구조를 갖는 고유한 사용자 생체신호 특징 및 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 통해 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징을 추출할 수 있다.

[0085] 또한, 유사 특징 추출부(260)는 제1특징 추출부(230)가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 제2특징 추출부(240)가 추출한 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교할 수 있다.

[0086] 그리고 유사 특징 추출부(260)는 비교 결과 제1특징 추출부(230)가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 제2특징 추출부(240)가 추출한 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징 간에 유사한 특징(이하, 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징)을 추출할 수 있다.

[0087] 또한, 유사 특징 추출부(260)는 고유한 사용자 생체신호 특징 및 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징에 대하여 유사도를 판단할 수 있고, 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징 추출을 위하여 고유한 사용자 생체신호 특징 및 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징에 대한 최적화를 수행할 수 있다.

[0088] 그리고 유사 특징 추출부(260)는 최적화된 고유한 사용자 생체신호 특징 및 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징에 대하여, 여러 사용자들 사이에 공통으로 나타나는 생체신호 특징(이하, 사용자 공통 특징)을 추출할 수 있으며, 사용자 공통 특징에 대하여 어텐션 메커니즘 레이어에서 Attention mechanism을 수행함으로써, 사용자 공통 특징 중에서 중요 특징의 가중치를 조정할 수 있다.

[0089] 그리고 사용자 공통 특징 중에서 중요 특징의 가중치가 조정된 경우, 유사 특징 추출부(260)는 드롭아웃 레이어를 통해 특정 결과에 과적합되지 않도록 정규화 과정을 수행할 수 있다.

[0090] 또한, 최종적으로 유사 특징 추출부(260)는 정규화 과정을 통해 과적합되지 않은 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징을 고유한 사용자 생체신호 특징 및 고유한 대조학습용 사용자 생체신호 특징으로부터 추출할 수 있다.

[0091] 여기사, 유사 특징 추출부(260)는 유사도를 판단하는 과정에서 유사도 손실이 일어날 수 있는바, 이를 대비하는 손실 방지 과정을 수행할 수 있다.

[0092] 여기서, 발생할 수 있는 유사도 손실은 코사인 유사도, 유클리디언 거리, 마할라노비스 거리, 트라이플렛 손실을 포함할 수 있다.

[0093] 그리고 수면 단계 분류부(270)는 제1특징 추출부(230)가 추출한 고유한 사용자 생체신호 특징 및 유사 특징 추출부(260)가 추출한 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징을 이용하여 사용자의 수면 단계를 분류할 수 있다.

[0094] 보다 상세하게는 수면 단계 분류부(270)는 고유한 사용자 생체신호 특징 및 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징을 입력 값으로 하여 순환 신경망(Recurrent neural network; RNN) 및 다중 퍼셉트론(Multi layer perceptron; MLP) 기반의 분류기를 이용해 사용자의 수면 단계를 분류할 수 있다.

[0095] 여기서, 순환 신경망(Recurrent neural network; RNN)을 통해 각 수면 단계들이 이전 수면 단계들과 어떻게 연관되는지를 학습하여 분류 정확도를 더욱 높일 수 있다.

[0096] 그리고 수면 단계 분류부(270)는 고유한 사용자 생체신호 특징 및 사용자 간 상호 불변 생체신호 특징에 대하여 선형결합을 통해 모두 활용하는 모델 및 양방향 순환 신경망 레이어를 통해 수면 단계의 순서적 특징을 추출함으로써, 사용자의 수면 단계를 분류할 수 있다.

[0097] 여기서, 양방향 순환 신경망은 장단기기억(Long short-term memory; LSTM), GRU (Gated-recurrent unit), 트랜스포머(Transformer) 구조를 포함할 수 있다.

[0098] 또한, 사용자 단말(100)은 분류 서버(200)로부터 사용자의 수면 단계 분류 결과를 수신할 수 있다.

[0099] 즉, 제2통신부(210)가 제1통신부(130)로 사용자의 수면 단계 분류 결과를 송신할 수 있으며, 제1통신부(130)는 제2통신부(210)로부터 사용자의 수면 단계 분류 결과를 수신할 수 있다.

[0100] 그리고 디스플레이부(140)는 분류 서버(200)로부터 수신한 사용자의 수면 단계 분류 결과를 출력할 수 있다.

[0101] 즉, 디스플레이부(140)는 제1통신부(130)가 제2통신부(210)로부터 수신한 사용자의 수면 단계 분류 결과를 출력할 수 있다.

[0102] 명세서 전체에서, 사용자의 수면 단계 분류 결과는 각성 (Wake), 비렘수면 1단계 (Non-REM1), 비렘수면 2단계 (Non-REM2), 비렘수면 3단계 (Non-REM3) 및 렘수면 (Rapid eye movement; REM) 중 적어도 하나로 도출될 수 있다.

[0103] 도 6은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법의 대표적인 단계를 나타낸 순서도이다.

[0104] 도 6을 참고하면, 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법에 의할 때, 사용자 단말(100)이 사용자의 생체신호를 측정할 수 있다.(S630)

[0105] 여기서, 사용자의 생체신호는 환자의 뇌전도(Electroencephalography; EEG), 안전도(Electrooculography; EOG), 심전도(Electrocardiography; ECG), 근전도(Electromyography; EMG), 호흡 노력(Respiratory effort signals), 맥박(Pulse), 산소포화도(Oxygen saturation; SpO2) 및 혈류 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0106] 그리고 사용자 단말(100)이 측정한 사용자 생체신호를 전처리할 수 있다.(S631)

[0107] 또한, 분류 서버(200)가 사용자 단말(100)로부터 전처리된 사용자의 생체신호를 수신할 수 있다.(S632)

[0108] 그리고 분류 서버(200)가 전처리된 사용자의 생체신호로부터 고유한 사용자 생체신호 특징을 추출할 수 있다.(S633)

[0109] 또한, 분류 서버(200)가 고유한 사용자 생체신호 특징 및 대조학습용 사용자 생체신호 특징을 비교하여 유사 특징을 추출할 수 있다.(S634)

[0110] 그리고 여기서, 대조학습용 사용자 생체신호 측정 데이터는 노이즈가 제거되고, 전처리가 수행된 것으로, 다수의 사용자 생체신호 측정 데이터를 포함할 수 있다.

[0111] 또한, 분류 서버(200)는 추출한 유사 특징을 이용하여 수면 단계를 분류할 수 있다.(S635)

[0112] 중복 서술을 위해 자세히 기재하지는 않았지만 본 발명의 제1 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템(10)에 적용된 모든 기술적 특징은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 방법에 모두 동일하게 적용될 수 있음은 물론이라 할 것이다.

[0113] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0114] 10: 대조학습법을 활용하여 사용자 간의 성능 편차를 줄이기 위한 자동 수면 단계 분류 시스템

100: 사용자 단말

110: 생체신호 측정부

120: 전처리부

130: 제1통신부

140: 디스플레이부

200: 분류 서버

210: 제2통신부

220: 메모리부

230: 제1특징 추출부

240: 제2특징 추출부

250: 대조학습 수행부

260: 유사 특징 추출부

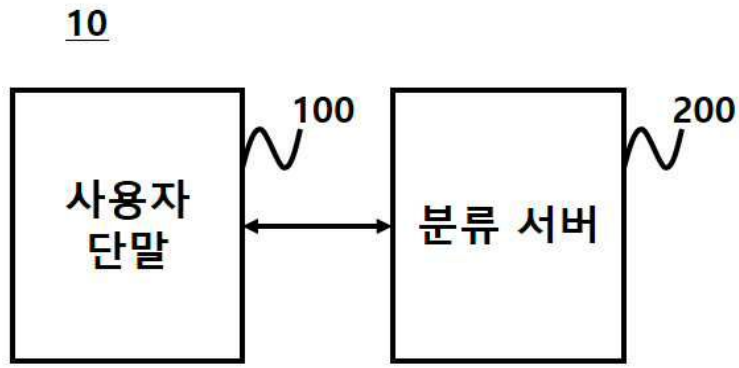
270: 수면 단계 분류부

도면

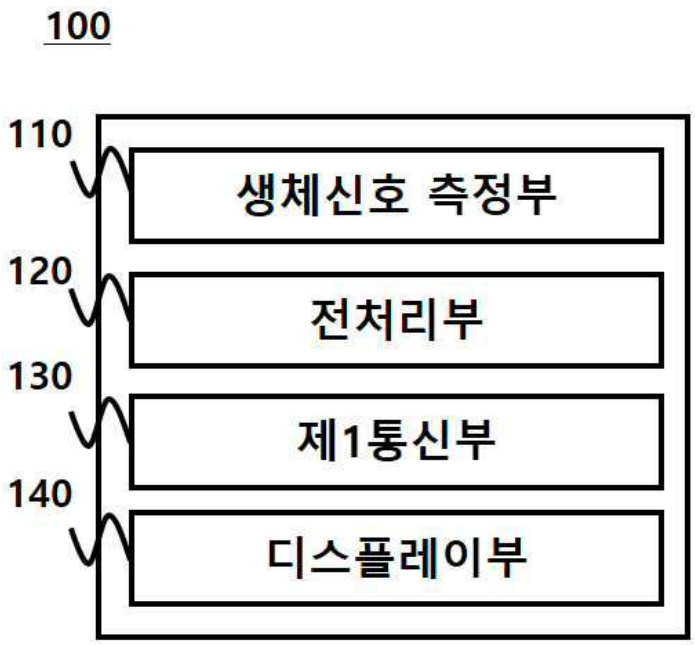
도면1


수면다원검사로 수집한 생체신호
입력
자동 분류 모델
CNN
feature
Bi-GRU
FC
Softmax
Part I
Part II
Part III
예측
예측된 수면단계 분류 결과

도면2


10
100
200
사용자
단말
분류 서버

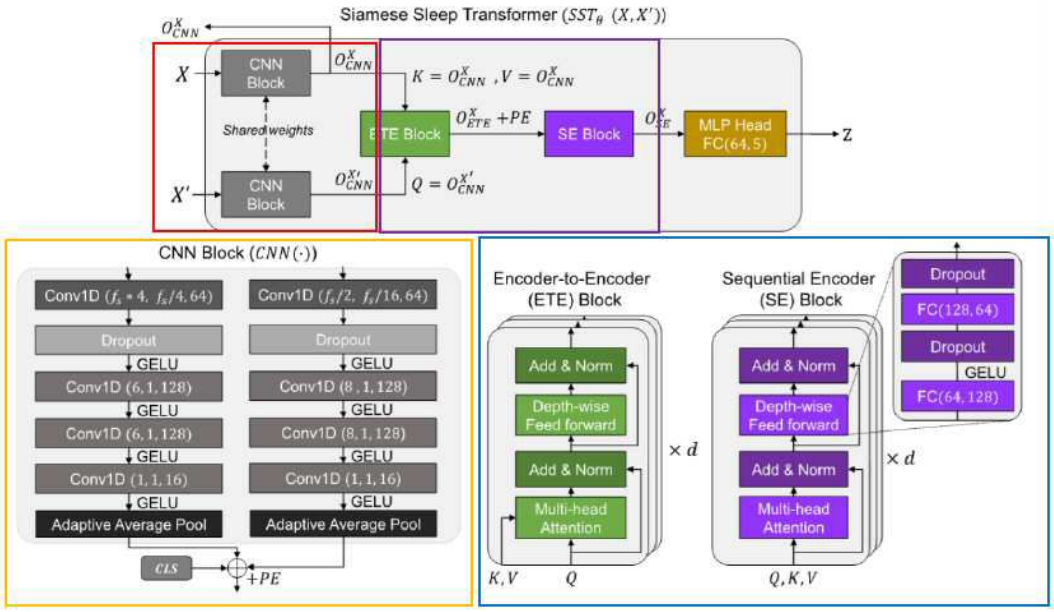
도면3


100
110
생체신호 측정부
120
전처리부
130
제1통신부
140
디스플레이부

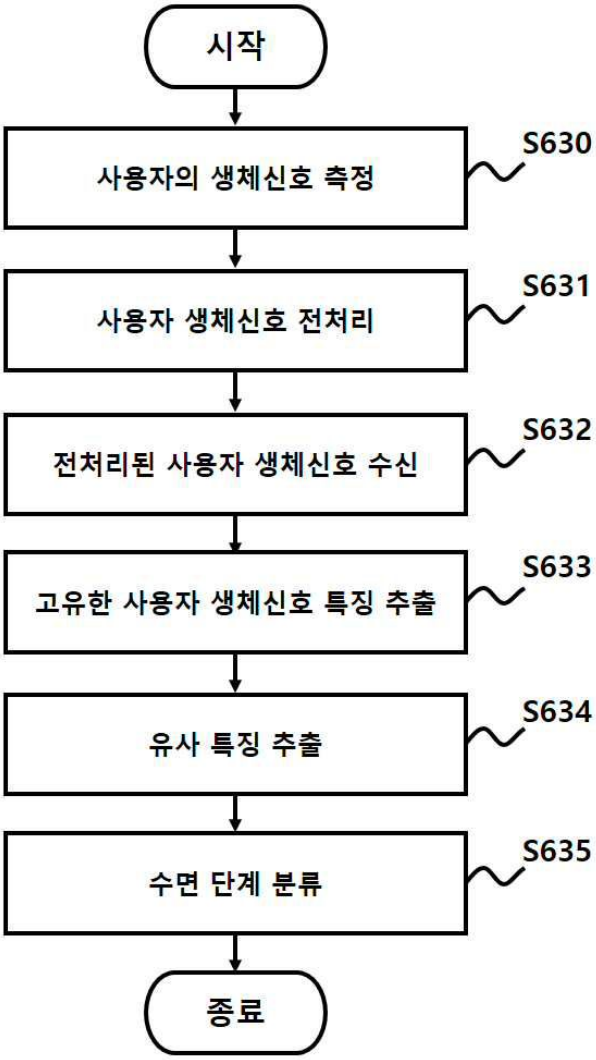
도면4


200
210
제2통신부
220
메모리부
230
제1특징 추출부
240
제2특징 추출부
250
대조학습 수행부
260
유사 특징 추출부
270
수면 단계 분류부

도면5


Siamese Sleep Transformer (SST_θ (X, X'))
CNN Block
Shared weights
ETE Block
SE Block
MLP Head FC(64,5)
Z
CNN Block ($CNN(\cdot)$)
Conv1D (f_s*4, $f_s/4$, 64)
Conv1D ($f_s/2$, $f_s/16$, 64)
Dropout
GELU
Conv1D (6, 1, 128)
Conv1D (8, 1, 128)
Conv1D (1, 1, 16)
Adaptive Average Pool
CLS
+PE
Encoder-to-Encoder (ETE) Block
Sequential Encoder (SE) Block
Add & Norm
Depth-wise Feed forward
Multi-head Attention
× d
FC(128, 64)
FC(64, 128)

도면6


시작
사용자의 생체신호 측정
S630
사용자 생체신호 전처리
S631
전처리된 사용자 생체신호 수신
S632
고유한 사용자 생체신호 특징 추출
S633
유사 특징 추출
S634
수면 단계 분류
S635
종료