



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0075711
(43) 공개일자 2020년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61M 21/02 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
A61B 5/0476 (2006.01) A61M 21/00 (2006.01)
A61N 7/00 (2006.01) G16H 20/70 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61M 21/02 (2013.01)
A61B 5/0476 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0042193
(22) 출원일자 2019년04월10일
심사청구일자 2019년04월10일
(30) 우선권주장
1020180157477 2018년12월07일 대한민국(KR)

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이향운
서울특별시 강남구 압구정로 201, 87동 1103호(압구정동, 현대아파트)
강제원
서울특별시 마포구 독막로 145, 104동 904호(창전동, 서강쌍용예가)
(74) 대리인
리앤목특허법인

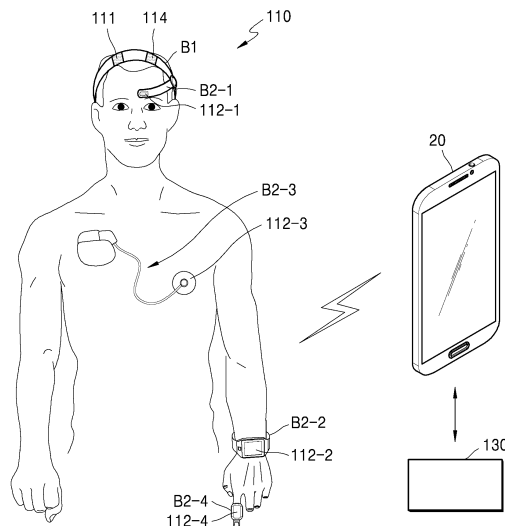
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는, 사용자의 신체에 착용가능하게 형성된 제1 착용부재 및 제2 착용부재와, 상기 제1 착용부재에 배치되며 뇌파 신호를 감지하는 제1 센서부와, 상기 제2 착용부재에 배치되며 상기 뇌파 신호와 다른 생체 신호를 감지하는 제2 센서부와, 상기 제1 착용부재에 배치되며 제공되는 자극신호에 따라 뇌를 자극하는 자극수단을 포함하는 웨어러블 장치, 상기 제1 센서부로부터 생성된 제1 감지신호와 상기 제2 센서부로부터 생성된 제2 감지신호를 기초로 상기 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 기계학습하는 학습부 및 상기 판별기준을 기초로 사용자의 현재 수면단계를 판별하고, 상기 판별된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 상기 자극수단으로 제공하는 판단부를 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템을 제공한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

A61B 5/4812 (2013.01)
A61N 7/00 (2013.01)
G16H 20/70 (2018.01)
A61M 2021/0038 (2013.01)
A61M 2205/058 (2013.01)
A61M 2230/10 (2013.01)
A61N 2007/0026 (2013.01)

지창현

서울특별시 서초구 효령로34길 79, 3동 1007호(방배동, 삼익아파트)

(72) 발명자

이정록

서울특별시 서대문구 이화여대길 52, 320호(대현동, 이화여자대학교 진선미관)

전상범

서울특별시 서초구 태봉로2길 65, 405동 1304호(우면동, 서초네이처힐4단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019M3C1B8090802
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	원천기술개발사업/STEAM연구사업
연구과제명	수면제어 인지강화 인체핵심 뇌회로 초음파 신경조절 휴먼적용
기 여 율	9/10
주관기관	이화여자대학교 산학협력단
연구기간	2019.04.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017R1A2A2A05069647
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	커넥톰 기반 뇌전증 신경네트워크 분석기법 개발
기 여 율	1/10
주관기관	이화여자대학교 산학협력단
연구기간	2017.09.01 ~ 2020.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

사용자의 신체에 착용가능하게 형성된 제1 착용부재 및 제2 착용부재와, 상기 제1 착용부재에 배치되며 뇌파 신호를 감지하는 제1 센서부와, 상기 제2 착용부재에 배치되며 상기 뇌파 신호와 다른 생체 신호를 감지하는 제2 센서부와, 상기 제1 착용부재에 배치되며 제공되는 자극신호에 따라 뇌를 자극하는 자극수단을 포함하는 웨어러블 장치;

상기 제1 센서부로부터 생성된 제1 감지신호와 상기 제2 센서부로부터 생성된 제2 감지신호를 기초로 상기 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 기계학습하는 학습부; 및

상기 판별기준을 기초로 사용자의 현재 수면단계를 판별하고, 상기 판별된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 상기 자극수단으로 제공하는 판단부;를 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 안전위도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고,

상기 제2 착용부재는 상기 제1 착용부재와 연결되어 사용자의 머리에 착용가능한, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 근전도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고,

상기 제2 착용부재는 사용자의 손목에 착용가능한, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고,

상기 제2 착용부재는 사용자의 가슴 부위에 착용가능한, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 안전위도 신호, 근전도 신호 및 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고,

상기 제2 착용부재는 상기 제1 착용부재와 연결되어 사용자의 머리에 착용가능한 제2-1 착용부와, 사용자의 손목에 착용가능한 제2-2 착용부와, 사용자의 가슴 부위에 착용가능한 제2-3 착용부를 구비하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 자극수단은 초음파 자극을 생성하는 초음파 생성 수단인, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 제1 센서부는 시계열 순으로 상기 뇌파 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호를 생성하고,

상기 제2 센서부는 시계열 순으로 상기 다른 생체 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호와 동기화된 상기 제2 감지신호를 생성하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 학습부는 상기 시계열 순으로 생성된 상기 제1 감지신호로부터 제1 특징(feature)을 추출하고, 상기 시계열 순으로 생성된 상기 제2 감지신호로부터 제2 특징(feature)을 추출하고, 시간적 정보를 포함하는 상기 제1 특징 및 상기 제2 특징을 기초로 상기 판별기준을 학습하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템.

청구항 9

뇌파 신호를 감지하는 제1 센서부에 의해 생성된 제1 감지신호를 제공받는 단계;

상기 뇌파 신호와 다른 생체 신호를 감지하는 제2 센서부에 의해 생성된 제2 감지신호를 제공받는 단계; 및

상기 제1 감지신호와 상기 제2 감지신호를 기초로 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 기계학습하는 단계;를 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 제1 센서부는 시계열 순으로 상기 뇌파 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호를 생성하고,

상기 제2 센서부는 시계열 순으로 상기 다른 생체 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호와 동기화된 상기 제2 감지신호를 생성하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 판별기준을 기계학습하는 단계는,

상기 시계열 순으로 생성된 제1 감지신호로부터 제1 특징을 추출하는 단계;

상기 시계열 순으로 생성된 제2 감지신호로부터 제2 특징을 추출하는 단계; 및

시간적 정보를 포함하는 상기 제1 특징 및 상기 제2 특징을 기초로 상기 판별기준을 학습하는 단계;를 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 제1 특징을 추출하는 단계와 상기 제2 특징을 추출하는 단계는 비간섭적으로 이루어지는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 13

제9 항에 있어서,

상기 판별기준을 기초로 사용자의 현재 수면단계를 판별하는 단계; 및

상기 판별된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 자극수단으로 제공하는 단계;를 더 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 14

제9 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 안전위도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 15

제9 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 근전도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 16

제9 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 17

제9 항에 있어서,

상기 제2 센서부는 안전위도 신호, 근전도 신호 및 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법.

청구항 18

컴퓨터를 이용하여 제9 항 내지 제 17 항의 방법 중 어느 하나의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 두뇌활동을 평가하기 위한 지표로서 뇌파와 심전도가 활용되고 있다. 뇌파 즉 뇌전도(electroencephalogram, EEG)는 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사법이다. 뇌파로 알 수 있는 것은 예로서 뇌의 기능, 특히 뇌의 활동성이 약해지고 있는가, 반대로 높아지고 있는가 라는 점이다. 따라서时时刻刻 변화하는 뇌활동의 변동을 공간적 시간적으로 파악할 수 있는 것으로 뇌파 검사의 가치는 인정받고 있다.

[0003] 뇌파에 반영되는 뇌의 전기적 활동은 신경세포(neurons), 교세포(glia cells) 및 혈뇌장벽(blood-brain barrier)에 의해 결정되고, 주로 신경세포에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 뇌무계의 반을 차지하는 교세포들은 신경세포가 연결해 있는 부위인 시냅스에서 이온, 분자의 흐름을 조정하고 신경세포들 간 구조 유지, 지탱, 보수 역할 등을 한다. 혈뇌장벽은 뇌혈관 속에 있는 각종 물질 중 필요한 물질만 선별해서 통과시키는 역할을 한다. 교세포와 혈뇌장벽에 의한 뇌파의 변화는 조금씩 천천히 일어나며 이에 비해 신경세포의 활동에 의한 뇌파의 변화는 크고, 빠르게 다양하게 발생한다.

[0004] 한편, 잠은 기억을 통합하는 것으로 알려져 있다. 대뇌피질의 느린진동(slow oscillation, 주로 1Hz 미만의 주파수를 가짐), 시상 대뇌 스핀들(thalamo-cortical spindles, 주로 7 내지 15 Hz의 주파수를 가짐) 및 해마의 샤프 웨이브 리플(sharp-wave ripples, 주로 100 내지 250 Hz의 주파수를 가짐)은 서파수면 상태의 기본적인 리듬을 나타내며, 이러한 모든 리듬은 수면 중 해마 의존적 기억의 통합과 관련 있는 것으로 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 뇌파와 심박동 등 다중생체신호를 측정하면서 머신러닝 기법으로 각성 및 수면단계를 판단하고, 삽입용 전극이 아닌 경두개 비침습적 신경조절기기를 이용하여 수면조절 뇌부위를 자극하여 수면단계를 조절하며, 이를 통하여 인지정서 기능이 개선되도록 하는 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예는, 사용자의 신체에 착용가능하게 형성된 제1 착용부재 및 제2 착용부재와, 상기 제1 착용부재에 배치되며 뇌파 신호를 감지하는 제1 센서부와, 상기 제2 착용부재에 배치되며 상기 뇌파 신호와 다른 생체 신호를 감지하는 제2 센서부와, 상기 제1 착용부재에 배치되며 제공되는 자극신호에 따라 뇌를 자극하는 자극수단을 포함하는 웨어러블 장치, 상기 제1 센서부로부터 생성된 제1 감지신호와 상기 제2 센서부로부터 생성된 제2 감지신호를 기초로 상기 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 기계학습하는 학습부 및 상기 판별기준을 기초로 사용자의 현재 수면단계를 판별하고, 상기 판별된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 상기 자극수단으로 제공하는 판단부를 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템을 제공한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 안전위도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고, 상기 제2 착용부재는 상기 제1 착용부재와 연결되어 사용자의 머리에 착용가능할 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 근전도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고, 상기 제2 착용부재는 사용자의 손목에 착용가능할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서 상기 제2 센서부는 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고, 상기 제2 착용부재는 사용자의 가슴 부위에 착용가능할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 안전위도 신호, 근전도 신호 및 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성하고, 상기 제2 착용부재는 상기 제1 착용부재와 연결되어 사용자의 머리에 착용가능한 제2-1 착용부와, 사용자의 손목에 착용가능한 제2-2 착용부와, 사용자의 가슴 부위에 착용가능한 제2-3 착용부를 구비할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 자극수단은 초음파 자극을 생성하는 초음파 생성 수단일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 센서부는 시계열 순으로 상기 뇌파 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호를 생성하고, 상기 제2 센서부는 시계열 순으로 상기 다른 생체 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호와 동기화된 상기 제2 감지신호를 생성할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 학습부는 상기 시계열 순으로 생성된 상기 제1 감지신호로부터 제1 특징(feature)을 추출하고, 상기 시계열 순으로 생성된 상기 제2 감지신호로부터 제2 특징(feature)을 추출하고, 시간적 정보를 포함하는 상기 제1 특징 및 상기 제2 특징을 기초로 상기 판별기준을 학습할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예는, 뇌파 신호를 감지하는 제1 센서부에 의해 생성된 제1 감지신호를 제공받는 단계, 상기 뇌파 신호와 다른 생체 신호를 감지하는 제2 센서부에 의해 생성된 제2 감지신호를 제공받는 단계 및 상기 제1 감지신호와 상기 제2 감지신호를 기초로 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 기계학습하는 단계를 포함하는, 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료방법을 제공한다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 센서부는 시계열 순으로 상기 뇌파 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호를 생성하고, 상기 제2 센서부는 시계열 순으로 상기 다른 생체 신호를 감지하여 상기 제1 감지신호와 동기화된 상기 제2 감지신호를 생성할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 판별기준을 기계학습하는 단계는, 상기 시계열 순으로 생성된 제1 감지신호로부터 제1 특징을 추출하는 단계, 상기 시계열 순으로 생성된 제2 감지신호로부터 제2 특징을 추출하는 단계 및 시간적 정보를 포함하는 상기 제1 특징 및 상기 제2 특징을 기초로 상기 판별기준을 학습하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 특징을 추출하는 단계와 상기 제2 특징을 추출하는 단계는 비간섭적으로 이루어질 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 판별기준을 기초로 사용자의 현재 수면단계를 판별하는 단계 및 상기 판별

된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 자극수단으로 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 안전위도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 근전도 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 센서부는 안전위도 신호, 근전도 신호 및 심박동 신호를 감지하여 상기 제2 감지신호를 생성할 수 있다,
- [0023] 본 발명의 일 실시예는, 컴퓨터를 이용하여 전술한 방법 중 어느 하나의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공한다.
- [0024] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 실시예들에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템은 실시간 다중생체신호를 측정하고 인공지능을 통해 수면단계를 분석하고 수면조절 핵심 뇌회로 타겟 뇌부위에 비침습적인 국소뇌자극치료를 수행함으로써, 수면을 개선하고 인지 뇌기능을 향상할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 환경의 예를 도시한 도면이다.
- 도 2는 수면-각성 및 인지-정서 뇌기능을 조절하는 뇌회로를 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 3은 하룻밤 동안의 수면 구조를 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템에 있어서, 수면 단계를 판별하고 초음파 자극을 제어하는 구조도이다.
- 도 7은 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)을 이용한 수면 신호 노이즈 제거기 및 신호 품질 증폭기(1311)를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 수면단계 판별 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 수면 조절 주요 인체 뇌부위를 나타낸 도면이다.
- 도 10은 하룻밤 수면 중 렘수면과 넌렘수면 각 단계별 시간분포 및 수면 스펙트럼과 서파, 고주파 뇌파간의 상관관계를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

- [0029] 이하의 실시예에서, 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다.
- [0030] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0031] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.
- [0032] 이하의 실시예에서, 막, 영역, 구성 요소 등의 부분이 다른 부분 위에 또는 상에 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0033] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.
- [0034] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 진행될 수 있다.
- [0035] 이하의 실시예에서, 막, 영역, 구성 요소 등이 연결되었다고 할 때, 막, 영역, 구성 요소들이 직접적으로 연결된 경우뿐만 아니라 막, 영역, 구성요소들 중간에 다른 막, 영역, 구성 요소들이 개재되어 간접적으로 연결된 경우도 포함한다. 예컨대, 본 명세서에서 막, 영역, 구성 요소 등이 전기적으로 연결되었다고 할 때, 막, 영역, 구성 요소 등이 직접 전기적으로 연결된 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 간접적으로 전기적 연결된 경우도 포함한다.
- [0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 환경의 예를 도시한 도면이다.
- [0038] 도 1의 네트워크 환경은 사용자 단말(20), 서버(10), 외부장치(30) 및 통신망(40)을 포함하는 예를 나타내고 있다. 이러한 도 1은 발명의 설명을 위한 일례로 사용자 단말의 수나 서버의 수가 도 1과 같이 한정되는 것은 아니다.
- [0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템은 서버(10)가 외부장치(30)로부터 센싱된 뇌파 신호를 포함하는 다중생체신호를 수신하고, 수면단계를 판별하고 스핀들 신호를 탐지하여 이에 해당하는 수면조절 뇌부위를 자극하기 위한 자극신호를 생성하고, 생성된 자극신호를 상기 외부장치(30) 또는 별도의 외부장치로 전달하여 사용자의 뇌를 자극시킴으로써, 수면단계를 조절하고 인지정서 기능을 개선시킬 수 있다.
- [0040] 사용자 단말(20)은 컴퓨터 장치로 구현되는 고정형 단말(22)이거나 이동형 단말(21)일 수 있다. 사용자 단말(20)은 후술하는 웨어러블 장치(110)로부터 수신된 데이터를 서버(10, 30)로 전송하기 위한 단말일 수 있다. 사용자 단말(20)의 예를 들면, 스마트폰(smart phone), 휴대폰, 네비게이션, 컴퓨터, 노트북, 디지털방송용 단말, PDA(Personal Digital Assistants), PMP(Portable Multimedia Player), 태블릿 PC 등이 있다. 일례로 사용자 단말 1(21)은 무선 또는 유선 통신 방식을 이용하여 통신망(40)을 통해 다른 사용자 단말(22) 및/또는 서버(10, 30)와 통신할 수 있다.
- [0041] 외부 장치(30)는 서버(10) 및 사용자 단말(20)과 통신망(40)을 통하여 데이터를 송수신하는 다양한 장치를 의미할 수 있다. 구체적으로 본 발명에서 외부 장치(30)는 사용자의 뇌파신호 또는 심박동 등 다중생체신호를 측정할 수 있는 측정장치일 수 있으며, 또는 사용자의 수면조절 뇌부위에 자극신호를 전달하는 자극장치일 수 있다. 외부 장치(30)는 사용자가 수면 중 착용한 상태에서 뇌파를 측정하거나 자극신호를 전달할 수 있는 웨어러블(wearable) 장치일 수 있으나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 한편, 외부 장치(30)에서 감지하는 다중생체신호는 뇌파, 심박동, 안구움직임, 근전도 등의 신호일 수 있다.
- [0042] 본 명세서에서, 외부 장치(30)는 통신망(40)을 통해 서버(10)로 직접 데이터를 송수신할 수도 있으나, 근거리통신망을 이용하여 사용자 단말(20)에 데이터를 전달하면, 사용자 단말(20)은 통신망(40)을 통해 서버(10)로 전달하거나 사전에 설정된 알고리즘을 통해 필요한 데이터 가공 후 서버(10)로 전달할 수도 있다. 또한, 사용자 단말(20)은 판별된 수면단계 등을 포함하는 정보를 사용자에게 알려주는 기능을 수행할 수 있다.
- [0043] 통신 방식은 제한되지 않으며, 통신망(40)이 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인

터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들간의 근거리 무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 통신망(40)는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 통신망(40)는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0044] 서버(10)는 사용자 단말(20)과 통신망(40)를 통해 통신하여 명령, 코드, 파일, 컨텐츠, 서비스 등을 제공하는 컴퓨터 장치 또는 복수의 컴퓨터 장치들로 구현될 수 있다.

[0045] 일례로, 서버(10)는 통신망(40)를 통해 접속한 사용자 단말 1(21)로 어플리케이션의 설치를 위한 파일을 제공할 수 있다. 이 경우 사용자 단말 1(21)은 서버(10)로부터 제공된 파일을 이용하여 어플리케이션을 설치할 수 있다. 또한, 사용자 단말 1(21)이 포함하는 운영체제(Operating system, OS) 및 적어도 하나의 프로그램(일례로 브라우저나 설치된 어플리케이션)의 제어에 따라 서버(10)에 접속하여 서버(10)가 제공하는 서비스나 콘텐츠를 제공받을 수 있다. 다른 예로, 서버(10)는 데이터 송수신을 위한 통신 세션을 설정하고, 설정된 통신 세션을 통해 사용자 단말(20) 간의 데이터 송수신을 라우팅할 수도 있다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 따르는 서버(10)는 다중생체신호인 제1 감지신호(S1)와 제2 감지신호(S2)가 제공되면, 제1 감지신호(S1)와 제2 감지신호(S2)에 기초하여 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 딥러닝을 기반으로 학습하고, 판별기준을 기초로 사용자의 수면단계를 판별하고, 판별된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 자극수단으로 제공할 수 있다. 그러나, 본 발명은 이에 제한되지 않으며, 서버(10)는 딥러닝을 기반으로 판별기준을 학습하는 기능을 수행하고, 판별기준을 외부 장치(30)로 전송하여 외부 장치(30)에서 수면단계를 판별하고 자극신호를 생성할 수도 있다.

[0047] 이하, 인간의 수면-각성 및 인지-정서 뇌기능을 조절하는 뇌회로에 대하여 먼저 설명한 후, 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템(100)에 대해 설명한다.

[0048] 도 2는 수면-각성 및 인지-정서 뇌기능을 조절하는 뇌회로를 설명하기 위한 개념도이고, 도 3은 하룻밤 동안의 수면 구조를 설명하기 위한 개념도이다.

[0049] 수면은 기억과 학습에 있어 필요한 기억강화(Consolidation)에 중요한 역할을 수행한다. 수면장애로 인해 수면-각성 일주기리듬이 교란될 경우, 수면부족과 주간 졸리움증으로 연결될 수 있으며, 업무적/환경적/심리적인 스트레스가 더 가중되어 수면문제가 심각해지는 악순환이 되풀이되고, 이로 인해 최대한의 인지능력을 발휘하기 힘들어 학습과 뇌기능 발달에 저해가 될 수 있다.

[0050] 현재 우울증의 경우 비침습적 뇌자극, 특히 반복적 경두개 자기자극술은 이미 미국에서 2007년 약물불응성 정도 우울장애의 치료목적으로 사용가능하도록 FDA 승인이 되었고, 국내의 경우에도 2014년에 식약처 승인이 되어 사용되고 있다. 하지만, 수면장애의 경우 특히 불면증, 하지불안증후군, 기면증, 폐쇄성 수면무호흡증은 인지 및 정서의 이상을 유발하는 질환으로 알려져 있음에도, 불면증의 인지행동치료, 하지불안증후군 및 기면증의 약물치료, 폐쇄성 수면무호흡증의 양압호흡기 치료 외에는 대안이 없는 것이 현실이다.

[0051] 최근 소수의 연구자들에 의해 반복적 경두개 자기자극에 의한 수면장애의 치료에 관한 결과들이 발표되고 있지만 정서/인지 뇌기능 이상을 유발하는 수면장애의 핵심 뇌회로 및 이의 비침습적 자극에 따른 수면장애 및 정서/인지 뇌기능 이상의 개선에 관련된 뇌회로 발굴에 대한 연구는 거의 없다.

[0052] 따라서, 본 발명은 비침습적 국소 뇌자극을 통해 수면개선과 관련된 핵심 인체 뇌회로를 발굴하고 이를 인체에 적용하기 시스템에 관한 것으로서, 일반 인구 및 다양한 수면장애 환자에게 확대 적용하여 임상연구용 프로토콜과 수면개선 서비스를 구축하는데 목적이 있다.

[0053] 도 2를 참조하면, 수면-각성 및 인지-정서 뇌기능을 조절하는 뇌회로는 주로 시상(thalamus), 전뇌기저부(basal forebrain, BF), 뇌간(brainstem)과 같은 뇌의 심부이며, 스트레스나 감정, 정서 및 인지기능 조절과 관련되는 전전두엽(prefrontal cortex), 대뇌변역계(limbic system)의 편도(amygdala), 대상회전부위(cingulate cortex) 및 해마(hippocampus) 등 대뇌피질(cerebral cortex) 및 피질하 뇌부위(subcortical brain region)들이 구조적, 기능적으로 밀접하게 연결되어 있다. 수면-각성 조절 관련 서로 영향을 주고받는 뇌영역들의 네트워크를 수면 핵심 뇌회로로 보고, 이를 도출하기 위해 종래의 표준수면다원검사 상 뇌파 데이터에서 뇌연결성 분석을 적용할 수 있다.

- [0054] 한편, 도 3을 참조하면, 인간의 수면은 기본적으로 느렘(non-rapid eye movement, NREM)수면과 빠른 눈동자 움직임을 보이는 렘(rapid eye movement, REM) 수면의 두가지로 구분할 수 있다. 느렘수면은 수면의 깊이에 따라 N1 수면(stage 1), N2 수면(stage 2), N3 수면(stage 3)으로 나눌 수 있고, 높은 단계의 더 깊은 수면일수록 각성 상태로의 전환을 위해서 더 강한 자극을 필요로 한다. 본 발명에서는 수면 단계에 따라 적절한 초음파 자극을 인가하여 각성단계에서 효과적인 수면개시 및 정서적 이완상태를 유도하거나, 서파수면동안 해마기억력을 강화시키는 것을 목적으로 한다. 본 명세서에서는 상기한 수면단계를 판별하기 위하여, 수면 스핀들(sleep spindles) 및 서파수면(slow wave sleep)을 측정 뇌파지표로서 이용할 수 있다.
- [0055] 여기서, 수면 스핀들(sleep spindles)은 느렘수면 2기 동안 시상그물핵(thalamic reticular nucleus, TRN)과 다른 시상핵(thalamic nuclei)의 상호작용에 의해 발생하여 적어도 0.5초 이상 지속되는 10 내지 16Hz 주파수의 신경진동활동의 버스트(bursts of neural oscillatory activity)이다. 수면 스핀들은 포유동물의 느렘수면에서 관찰되는데, 그 기능은 감각처리(sensory processing), 장기기억(long term memory consolidation)을 모두 관장하는 것으로 알려져 있으며, 스핀들의 형성은 대뇌피질의 한 부분에서 다른 부분으로 신호를 전달할 때 생성되는 파형으로 알려져있다.
- [0056] 서파수면(slow wave sleep)은 느렘수면에서 가장 깊은 3기 수면단계로 뇌파상 파형이 큰 델타파가 특징으로 장기기억으로의 메모리 통합(memory consolidation)에 중요한 단계이다. 2008년에 개정된 American Academy of sleep Medicine(AASM)의 수면단계 판단 기준에 따르면 뇌파상 키가 큰 75-microvolt의 0.5 내지 2.0 Hz 주파수의 델타파가 30초 기준 epoch당 20% 이상 관찰될 때, 서파수면으로 판독하며 하룻밤 수면 중 대개 초반부 3시간 처음 두 번의 수면사이클 동안 가장 길게 관찰되는데, 낮동안 수집된 다양한 정보가 장기기억으로 전환되는 메모리 통합에 중요한 것으로 알려져 있다.
- [0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템(100)을 개략적으로 도시한 블록도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템(100)을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0058] 도 4 및 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템(100)은 웨어러블 장치(110), 학습부(131) 및 판단부(133)를 포함하는 서버 유닛(130)을 포함한다.
- [0059] 여기서, 웨어러블 장치(110)는 도 1의 외부 장치(30)에 대응되며, 서버 유닛(130)은 도 1의 서버(10)에 대응될 수 있다. 도 4에서는 웨어러블 장치(110)가 서버 유닛(130)과 직접적으로 통신하는 것으로 도시하였으나, 본 발명은 이에 제한되지 않으며, 도 5과 같이 사용자 단말(20)을 매개로 하여 웨어러블 장치(110)와 서버 유닛(130)이 데이터를 송수신할 수도 있다.
- [0060] 웨어러블 장치(110)는 제1 착용부재(B1), 제2 착용부재(B2), 제1 센서부(111), 제2 센서부(112), 자극수단(114) 및 제1 통신부(115)를 포함할 수 있다.
- [0061] 제1 착용부재(B1)는 사용자의 신체에 착용가능하게 형성될 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 착용부재(B1)는 사용자의 두부에 착용되는 머리띠, 헬멧, 밴드 형태 등의 부재일 수 있다.
- [0062] 제1 센서부(111)는 제1 착용부재(B1)에 배치되며 뇌파 신호(electroencephalogram, EEG)를 감지하여 제1 감지신호(S1)를 생성할 수 있다. 제1 센서부(111)는 하나 이상의 측정 전극으로 이루어질 수 있으며, 측정 전극은 실시간 기록을 위해 종래에 부착되는 부위인 두피 전체가 아닌 머리카락에 의해 신호 감지의 제한을 받지 않는 귀 윗부분, 관자놀이, 눈썹 바로 위 부위에 배치될 수 있다. 제1 센서부(111)는 극소형 반투명 센서를 포함할 수 있다. 제1 센서부(111)는 시계열 순으로 뇌파 신호(EEG)를 감지하여 제1 감지신호(S1)를 생성하고, 이를 후술하는 학습부(131) 또는 판단부(133)로 제공할 수 있다.
- [0063] 제2 착용부재(B2)는 사용자의 신체에 착용가능하나 제1 착용부재(B1)와 다른 위치에 착용되는 부재일 수 있다. 제2 착용부재(B2)는 뇌파 신호가 아닌 다른 생체 신호를 감지할 수 있는 위치, 예를 들면, 심전도 측정 가능 위치, 안전위도 측정 위치, 근전도 측정 위치에 착용가능한 구조로 이루어질 수 있다. 제2 착용부재(B2)는 사용자의 머리에 착용가능한 제2-1 착용부(B2-1), 사용자의 손목에 착용가능한 제2-2 착용부(B2-2), 사용자의 가슴 부위에 착용가능한 제2-3 착용부(B2-3) 중 적어도 어느 하나로 이루어질 수 있다. 제2-1 착용부(B2-1)는 사용자의 머리에 착용하는 제1 착용부재(B1)와 일체형으로 연결될 수 있으나 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 다른 실시예로서, 제2 착용부재(B2)는 사용자의 손가락에 착용가능한 제2-4 착용부(B2-4)로 이루어질 수도 있다.
- [0064] 제2 센서부(112)는 제2 착용부재(B2)에 배치되며 뇌파 신호(EEG)와 다른 생체 신호를 감지하여 제2 감지신호

(S2)를 생성할 수 있다. 제2 센서부(112)는 근전도 신호(Electromyogram, EMG), 안전위도 신호(Electrooculogram, EOG), 심전도 신호(Electrocardiogram, ECG) 중 적어도 어느 하나를 감지하여 제2 감지신호(S2)를 생성할 수 있다. 제2 센서부(112)는 안전위도 신호(EOG)를 감지하기 위한 제2-1 센서(112-1), 근전도 신호(EMG)를 감지하기 위한 제2-2 센서(112-2), 심전도 신호(ECG)를 감지하기 위한 제2-3 센서(112-3)를 포함할 수 있다.

[0065] 제2-1 센서(112-1)는 제2-1 착용부(B2-1)에 배치되고, 제2-2 센서(112-2)는 제2-2 착용부(B2-2)에 배치되며, 제2-3 센서(112-3)는 제2-3 착용부(B2-3)에 배치될 수 있다. 그러나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 심전도 신호를 측정하기 위한 제2-3 센서(112-3)가 손목에 착용되는 제2-2 착용부(B2-2)에 배치되거나 손가락에 착용되는 제2-4 착용부(B2-4)에 배치될 수도 있다.

[0066] 자극수단(114)은 제1 착용부재(B1)에 배치되며 외부에서 제공되는 자극신호에 따라 뇌에 자극을 인가할 수 있다. 자극수단(114)은 초음파(ultrasound) 자극을 생성하는 초음파 자극 수단일 수 있다. 자극수단(114)은 뇌 자극 타겟 위치에 따라 다른 종류의 자극을 생성하여 인가할 수 있다. 예를 들어, 자극수단(114)은 DLPFC(dorsolateral prefrontal cortex) 등의 피질 부위는 반복경두개자극(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)을 이용하여 자극하고, 시상(thalamus) 등의 피질하 부위는 경두개초음파 자극(transcranial ultrasound stimulation, TUS)을 이용하여 자극할 수 있다.

[0067] 제1 통신부(115)는 상기 제1 센서부(111) 또는 제2 센서부(112)로부터 생성된 제1 감지신호(S1) 또는 제2 감지신호(S2)를 서버유닛(130)으로 전송하고, 서버유닛(130)의 판단부(133)로부터 생성된 자극신호를 수신하는 기능을 수행한다. 웨어러블 장치(110)는 제1 통신부(115)를 통해 서버유닛(130)으로 직접 데이터를 송수신할 수도 있지만, 사용자 단말(20)을 통해 서버유닛(130)으로 데이터를 전송할 수도 있다. 제1 통신부(115)는 사용자 단말(20)과 통신할 수 있는 통신 수단, 예를 들면, 블루투스(Bluetooth), 지그비(ZigBee), MISC(Medical Implant Communication Service), NFC(Near Field Communication)와 같은 수단을 포함할 수 있다.

[0068] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템에 있어서, 수면 단계를 판별하고 초음파 자극을 제어하는 구조도를 나타내고, 도 7은 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)을 이용한 수면 신호 노이즈 제거 및 신호 품질 증폭기(1311)를 설명하기 위한 도면이며, 도 8은 수면단계 판별 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

[0069] 도 4 내지 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템은 수면개선과 관련된 핵심 인체 뇌회로를 발굴하고, 비침습적으로 국소 뇌자극을 수행하기 위해서, 뇌파 신호(EEG)를 이용하여 수면 단계를 판별하게 된다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템은 딥러닝 기반으로 뇌파 신호(EEG)를 이용하여 수면 단계를 판별하는 판별 알고리즘을 생성하고, 생성된 판별 알고리즘을 기초로 수면단계를 판별할 수 있다.

[0070] 여기서, 서버유닛(130)은 적어도 하나 이상의 프로세서(processor)에 해당하거나, 적어도 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 이에 따라 서버유닛(130)은 마이크로 프로세서나 범용 컴퓨터 시스템과 같은 하드웨어 장치에 포함된 형태로 구동될 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령으로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로써, 마이크로프로세서(Microprocessor), 중앙처리장치(Central Processing Unit: CPU), 프로세서 코어(Processor Core), 멀티프로세서(Multiprocessor), ASIC(Application-Specific Integrated Circuit), FPGA(Field Programmable Gate Array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0071] 서버유닛(130)은 학습부(131), 판단부(133) 및 제2 통신부(135)를 포함할 수 있다. 다만, 이는 하나의 실시예이며, 학습부(131)와 판단부(133)는 하나의 서버유닛(130)에 배치되지 않을 수도 있다. 다시 말해, 학습부(131)는 서버유닛(130)에 배치되며, 판단부(133)는 사용자 단말(20)에 배치되어 학습부(131)에서 생성된 수면단계 판별 알고리즘을 제공받아 수면단계를 판별할 수도 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여 학습부(131)와 판단부(133)가 하나의 서버유닛(130)에 구비되는 경우를 중심으로 설명하기로 한다.

[0072] 학습부(131)는 제1 센서부(111)로부터 생성된 제1 감지신호(S1)와 제2 센서부(112)로부터 생성된 제2 감지신호(S2)를 기초로 사용자의 수면단계를 판별하는 판별기준을 기계학습할 수 있다. 학습부(131)는 딥러닝(Deep learning)을 기반으로 판별기준을 학습하며, 딥러닝은 여러 비선형 변환기법의 조합을 통해 높은 수준의 추상화(abstractions, 다량의 데이터나 복잡한 자료들 속에서 핵심적인 내용 또는 기능을 요약하는 작업)를 시도하는

기계학습 알고리즘의 집합으로 정의된다. 학습부(421)는 딥러닝의 모델 중 예컨대 심층 신경망(Deep Neural Networks, DNN), 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Networks, CNN), 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN) 및 심층 신뢰 신경 망(Deep Belief Networks, DBN) 중 어느 하나를 이용한 것일 수 있다.

[0073] 학습부는 수면단계를 예측하거나 적합한 초음파 자극을 생성하기 위해 Linear regression, Regression tree, Kernel regression, Support vector regression, Deep Learning 등의 알고리즘 및/또는 방식(기법)을 사용할 수 있다.

[0074] 또한 학습부는 벡터의 연산을 위해 Principal component analysis, Non-negative matrix factorization, Independent component analysis, Manifold learning, SVD 등의 알고리즘 및/또는 방식(기법)을 사용할 수 있다.

[0075] 학습부는 정보들의 그룹화를 위해 k-means, Hierarchical clustering, mean-shift, self-organizing maps(SOMs) 등의 알고리즘 및/또는 방식(기법)을 사용할 수 있다.

[0076] 학습부는 데이터 비교를 위해 Bipartite cross-matching, n-point correlation two-sample testing, minimum spanning tree 등의 알고리즘 및/또는 방식(기법)을 사용할 수 있다.

[0077] 학습부(131)는 제1 센서부(111)로부터 시계열 순으로 뇌파 신호(EEG)를 감지하여 생성된 제1 감지신호(S1)와, 제2 센서부(112)로부터 시계열 순으로 다른 생체 신호를 감지하여 생성된 제2 감지신호(S2)를 이용하여 기계학습할 수 있다. 학습부(131)는 제1 감지신호(S1)로부터 제1 특징(feature)을 추출하고, 제2 감지신호(S2)로부터 제2 특징(feature)을 추출하고, 제1 특징 및 제2 특징을 기초로 판별기준을 학습할 수 있다.

[0078] 이때, 학습부(131)는 제1 감지신호(S1) 및 제2 감지신호(S2)가 제공되면 노이즈 제거 및 신호 품질 증폭기(1311)를 통해 노이즈를 제거하고 신호의 품질을 증폭시킬 수 있다. 학습부(131)는 노이즈 제거 및 신호 품질 증폭기(1311)에서의 노이즈 제거 과정에 앞서, 사용자의 실제 뇌파 신호(x)에 임의의 노이즈(n)를 첨가하여 학습데이터 신호(y)를 만들고 학습데이터 신호(y)에 잔여 학습(Residual learning)을 적용하여 R(y)를 출력할 수 있다. 학습부(131)는 학습 과정에서 네트워크의 출력 R(y)와 노이즈(n) 간의 차이를 줄이도록 네트워크의 파라미터를 학습하게 된다. 이때, 최종 노이즈가 제거된 신호는 다음 식과 같이 구할 수 있다.

[0079]
$$x^* = y - R(y)$$

[0080] 도 7의 컨볼루션 레이어 및 렐루(Relu)는 합성곱 계층 및 비선형 연산 계층으로 도면에서와 같이 계층적으로 구성한다. 보다 구체적으로 도 7에서와 같이 첫번째 레이어(layer)에서는 64개의 특징맵(feature map)을 만들기 위해 3*3*1 크기의 필터(filter)를 사용하고 활성화 함수(activation function)를 포함할 수 있다. 활성화 함수는 각층의 레이어들마다 적용되어 각 입력들이 복잡한 비선형성(non-linear) 관계를 갖게 하는 기능을 수행할 수 있다. 활성화 함수는 입력을 표준화(normalization)된 출력으로 변환시킬 수 있는 시그모이드 함수(Sigmoid), 탄지 함수(tanh), 렐루(Rectified Linear Unit, ReLU), 리키 렐루(Leaky ReLU) 등이 사용될 수 있다. 본 발명에서는 렐루(ReLU)를 사용하는 경우를 중심으로 설명한다. 일 실시예로서, 학습부(131)는 2 내지 17번째의 레이어(layer)를 크기가 3*3*64인 필터 64개가 사용하였으며, 컨볼루션 레이어와 렐루(ReLU) 사이에 배치 정규화(batch normalization) 레이어를 추가하고, 마지막 레이어(layer)에는 잡음이 제거된 출력신호를 만들기 위해 크기 3*3*64의 필터 1개를 사용하여 학습을 진행하였다.

[0081] 한편, 노이즈 제거 및 신호 품질 증폭기(1311)는 신호품질증폭을 위한 전처리의 예로서, 샘플링 레이트(sampling rate)를 증가시키는 알고리즘을 사용할 수 있다. 즉, 100Hz로 취득한 수면 신호를 업샘플링하여 200Hz로 증폭한 수면 신호를 사용할 수 있다. 이 경우, 제어부는 학습데이터(y)를 다음과 같이 수정하여 네트워크 파라미터를 학습한다.

[0082]
$$y = U(D(x))$$

[0083] 이때, 함수 D(x)는 다운 샘플링 함수이고, U(x)는 업 샘플링 함수이다.

[0084] 학습부(131)는 상기한 과정을 통해 학습된 노이즈 제거 및 신호 품질 증폭기(1311)를 이용하여 실제 감지된 뇌파 신호로부터 노이즈를 제거하고 신호 품질을 증폭시킨 수면신호를 생성할 수 있다. 이러한 과정은 뇌파 신호뿐만 아니라 뇌파 신호가 아닌 다른 생체 신호에도 적용될 수 있음은 물론이다. 학습부(131)는 상기한 수면신호를 입력받고, 수면단계 판별 알고리즘인 판별기준을 통해 각성파, 수면, 그리고 각 수면단계 N1, N2, N3, REM 별 수면단계 중 적어도 하나를 출력할 수 있다.

- [0085] 다른 실시예로서, 학습부(131)는 상기한 수면신호를 이용하여 판별기준을 학습할 수도 있지만, 수면 스핀들 탐지기(1313)를 통해 수면신호로부터 수면스핀들을 탐지하고, 이를 이용하여 판별 기준을 학습할 수도 있다. 수면 스핀들은 시스템 상 지속적인 다중생체신호 측정 중 특히 뇌파신호에서 10 내지 16 Hz의 진동(oscillatory activity)가 0.5초 이상 지속되는 것을 인공지능 알고리즘을 통해 실시간으로 찾아내는 탐지기 부분에서 찾아낼 수 있다. 이렇게 탐지된 수면 스핀들은 모바일 장치인 외부 장치를 통해 수면단계와 함께 전달될 수 있으며, 수면 스핀들 및 수면 단계를 이용하여 사전에 설정된 초음파 자극이 수면조절 및 인지정서 조절 뇌부위로 알려진 시상(thalamus), 대상피질(anterior cingulate cortex), 전방 대상회 피질(subcallosal cingulate cortex), 해마(hippocampus), 전뇌기저부/중양전두 피질(basal forebrain/medial frontal cortex) 부위로 가해지도록 한다.
- [0086] 이후 학습부(131)에서 판별 기준을 학습하는 과정에서 사용하는 신경망 구조는 두 개의 부분(A1, A3)으로 나뉠 수 있다. 보다 구체적으로, 학습부(131)는 제1 과정(A1)에서 하나의 채널을 통해 뇌파 신호에서 특징들을 추출하도록 필터를 학습할 수 있다. 제1 과정(A1)은 컨볼루션 신경망(CNN)을 사용할 수 있다. 학습부(131)는 각 컨볼루션 신경망에 필터 커널 크기를 다르게 두어 작은 크기의 필터로는 신호의 일시적인 변화를 포착하고, 큰 필터 크기의 컨볼루션 신경망은 보다 장기적인 신호의 변동을 포착하게 할 수 있다.
- [0087] 학습부(131)는 뇌파 신호를 감지하여 생성된 제1 감지신호(S1)뿐만 아니라, 다른 생체 신호를 감지하여 생성된 제2 감지신호(S2)를 이용해 판별기준을 학습할 수 있다. 이때, 제1 감지신호(S1) 및 제2 감지신호(S2)는 각각 특징을 추출하기 위해 비간접적인 학습과정이 수행될 수 있다. 제1 과정(A1)은 뇌파 신호에서 특징들을 추출하도록 필터를 학습하고, 제2 과정(A2)은 다른 생체 신호에서 특징들을 추출하도록 필터를 학습할 수 있다. 상기한 제1 과정(A1) 및 제2 과정(A2)은 컨볼루션 신경망(CNN)으로 구성될 수 있으며, 다채널의 신경망 구조로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 2개의 컨볼루션 신경망(CNN) 채널을 이용하는 경우, 뇌파 신호와 심전도 신호를 각각 입력할 수 있다.
- [0088] 학습부(131)는 제3 과정(A3)을 통해 앞 단계에서 추출한 제1 특징 또는 제1 특징 및 제2 특징으로부터 수면단계의 천이(transition) 규칙과 같은 시간적 정보를 인코딩하도록 학습할 수 있다. 학습부(131)는 두 개의 B-LSTM(Bidirectional Long Short Term Memory) 레이어로 구성되며, 짧은 연결(short connection)을 통해 제1 과정(A1) 및 제2 과정(A2)으로부터 학습된 제1 특징 및 제2 특징에 시간적 정보를 더할 수 있다.
- [0089] 한편, 다시 도 4를 참조하면, 판단부(133)는 학습부(131)에서 생성한 판별기준 및 측정되는 다중생체신호를 이용하여 사용자의 현재 수면단계를 판별하고, 판별된 수면단계에 대응되는 자극신호를 생성하여 자극수단으로 제공할 수 있다.
- [0090] 판단부(133)는 학습부(131)에서 생성된 수면단계 판별 알고리즘인 판별기준이 사전에 저장될 수 있다. 판단부(133)는 상기 판별기준을 이용하여 웨어러블 장치(110)로부터 제공되는 제1 감지신호 및 제2 감지신호에 따라 사용자의 현재 수면단계를 판별할 수 있다.
- [0091] 판단부(133)는 또한, 상기와 같이 사용자의 현재 수면단계가 판별되면, 기 설정된 목적에 따라 수면단계에 대응하는 자극신호를 생성할 수 있다. 이는 하기 도 9 및 도 10을 참조하여 좀 더 자세히 설명한다.
- [0092] 도 9는 수면 조절 주요 인체 뇌부위를 나타낸 도면이고, 도 10은 하룻밤 수면 중 렘수면과 넌렘수면 각 단계별 시간분포 및 수면 스핀들과 서파, 고주파 뇌파간의 상관관계를 나타낸 도면이다.
- [0093] 도 9 및 도 10을 참조하면, 일 실시예로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템은 초음파 자극을 통해 각성단계에서 효과적인 수면개시 및 정서적 이완상태를 유도할 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 일 실시예에 따른 판단부(133)는 사용자의 뇌파신호를 포함하는 다중생체신호를 감지하고, 수면을 시작하는 단계에서 생체신호상 판별된 수면 단계 판별 알고리즘에서 뇌파상 알파파가 지속되면 효과적으로 수면을 유도하기 위하여 웨어러블 장치(110)의 자극수단(114)을 이용하여 초음파 자극을 가할 수 있다. 여기서, 상기한 뇌부위는 긴장을 완화시키고 항불안 효과가 있는 것으로 알려진 DLPFC(dorsolateral prefrontal cortex)와 ACC(anterior cingulate cortex) 부위일 수 있다. 판단부(133)는 상기 뇌부위에 렘수면을 유도하기 초음파 자극을 인가하도록 자극장치를 제어할 수 있다.
- [0094] 다른 실시예로서, 판단부(133)는 서파수면 동안 해마기억력 강화를 위해, 수면 단계 판별 알고리즘에서 생체 신호 모니터링 뇌파상 서파수면 단계가 감지될 때 수면 스핀들과 해마 신경세포를 활성화시킬 수 있도록 시상(thalamus)과 전뇌기저부(basal forebrain)에 스핀들과 유사한 초음파자극을 인가할 수 있다.

- [0095] 또는, 판단부(133)는 인공지능에 의해 수면단계를 판정한 후 각 상황에 필요한 수면단절을 위한 서로 다른 뇌부위에 적합한 뇌자극 파라미터를 매칭하여 자동으로 자극하도록 구현할 수 있다. 판단부(133)는 넢렘2기 수면스핀들 감지시 서파수면을 강화하기 위해 시상피질성 진동(thalamocortical oscillation)을 강화하기 위해 시상(thalamoreticular nucleus) 자극으로 연결하거나, 서파수면 단계에서는 시상(thalamoreticular nucleus) 자극 및 내측두엽 해마로 연결되는 뇌회로를 활성화하기 위한 자극으로 연결할 수 있다. 또한, 판단부(133)는 시상뿐만 아니라 렘수면 상 정서조절기전을 강화하기 위하여 렘수면이 감지되면 대상회 피질(cingulate cortex)를 자극하도록 할 수 있다.
- [0096] 시상하부의 생체시계가 낮-밤 주기에 따라 각성-수면 상태를 맞추어 주는데 반하여, 야간근무나 교대근무자의 경우 밤의 어두운 환경에서 각성 상태를 유지하고 집중력을 증가시켜야 하는 상황으로 빛자극이 감소한 밤 환경에서도 야간근무 모드를 활성화하여 각성 및 집중력을 향상시키기 위하여 전뇌기저부 다발(basal forebrain bundle)로 뇌자극을 가하도록 활성화하는 명령을 내리는 알고리즘을 탑재할 수도 있다.
- [0097] 진술한 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 인공지능 수면개선 비침습적 뇌회로 조절치료시스템은 다중생체신호 분석을 통해 사용자의 수면상태를 파악할 뿐만 아니라 주변의 환경이나 다양한 상황을 적절히 판단하여 적재적소의 적절한 수면-각성 상태가 되면서 인지정서 조절 및 강화를 유도할 수 있도록 하는 다양한 신경조절자극 모드를 인공지능이 판단하고 시행하도록 매칭할 수 있다.
- [0098] 이상 설명된 본 발명에 따른 실시예는 컴퓨터 상에서 다양한 구성요소를 통하여 실행될 수 있는 컴퓨터 프로그램의 형태로 구현될 수 있으며, 이와 같은 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 저장하는 것일 수 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다.
- [0099] 한편, 상기 컴퓨터 프로그램은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 예에는, 컴파일러에 의하여 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용하여 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함될 수 있다.
- [0100] 이와 같이 본 발명은 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 하여 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 실시예의 변형이 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

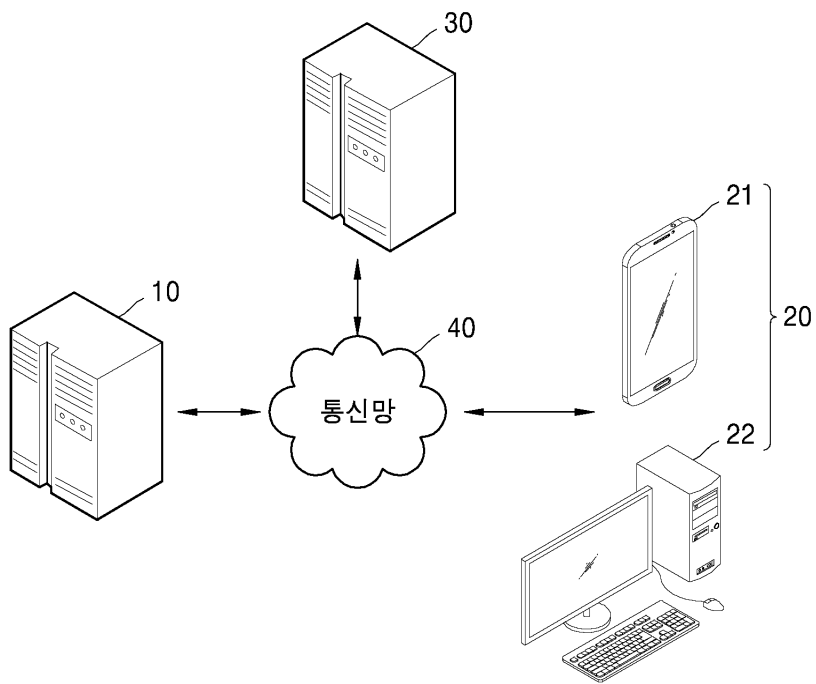
부호의 설명

- [0101] 10 : 서버
20 : 사용자 단말
30 : 외부장치
40 : 통신망
110 : 웨어러블 장치
111 : 제1 센서부
112 : 제2 센서부
114 : 자극수단
115 : 제1 통신부
130 : 서버유닛
131 : 학습부
133 : 판단부

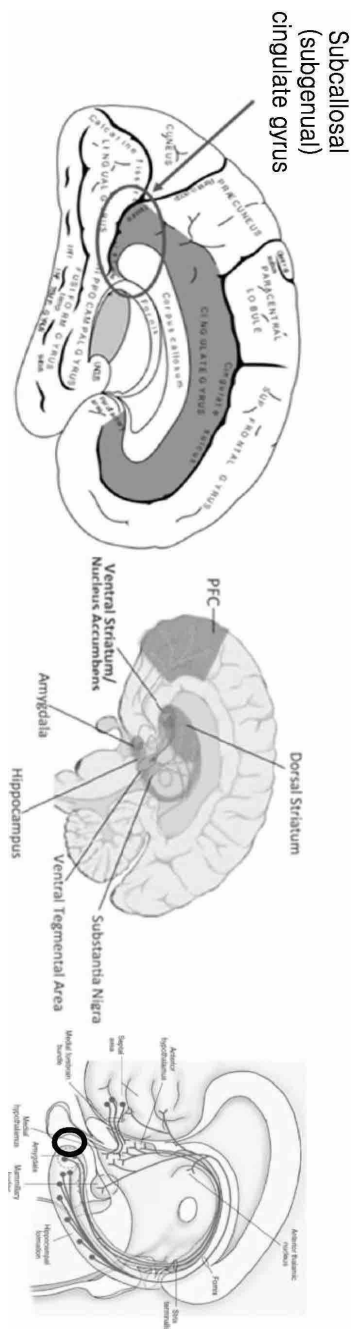
135 : 제2 통신부

도면

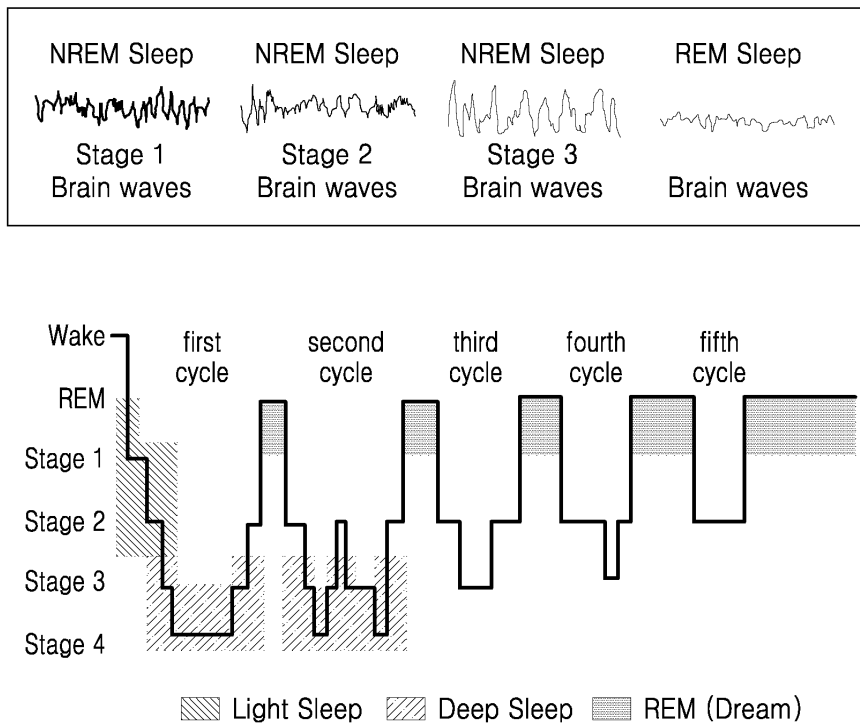
도면1



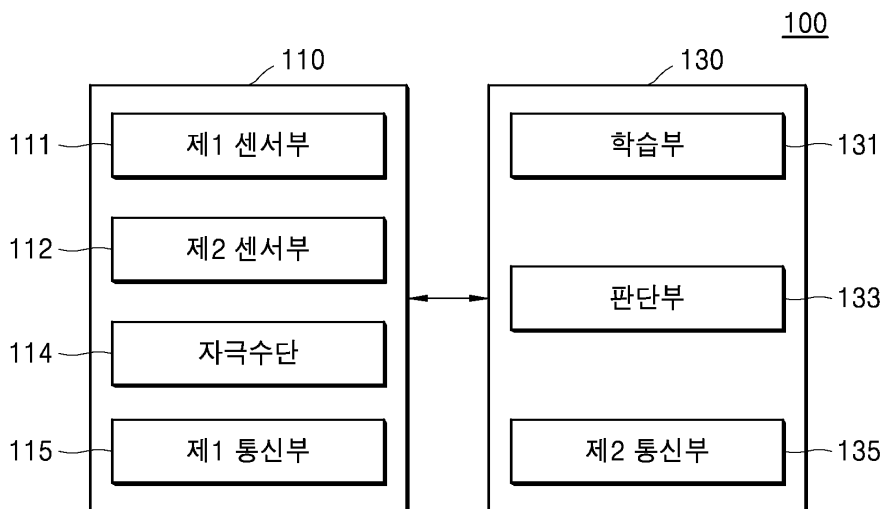
도면2



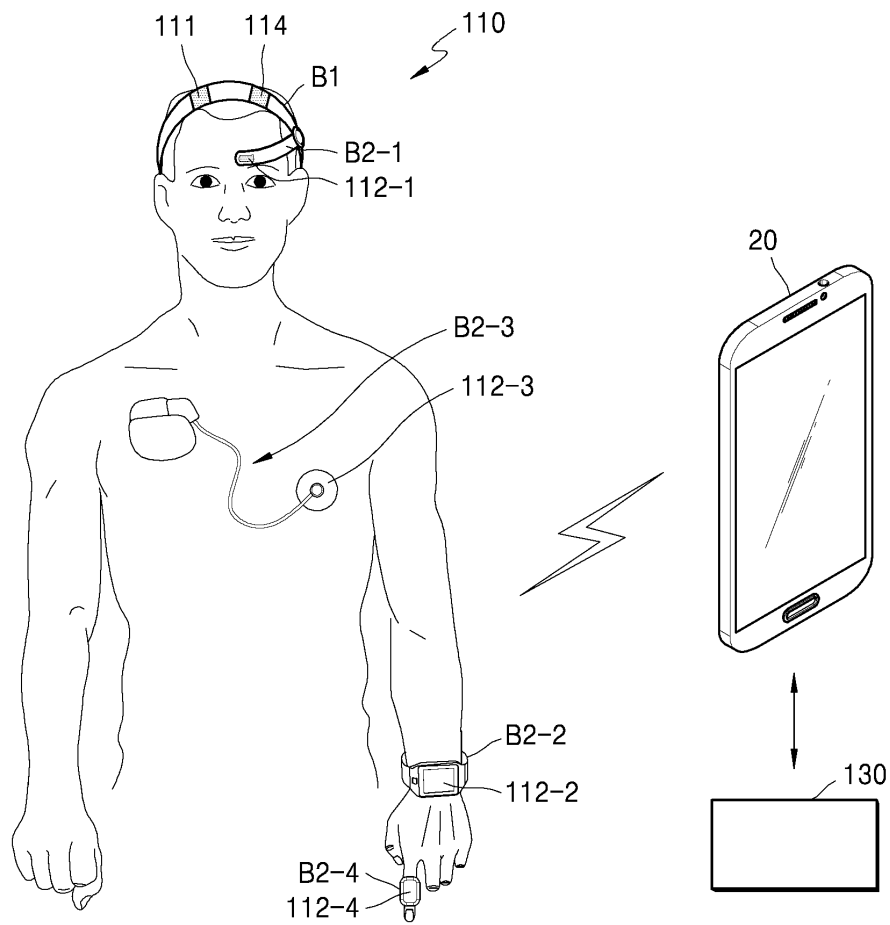
도면3



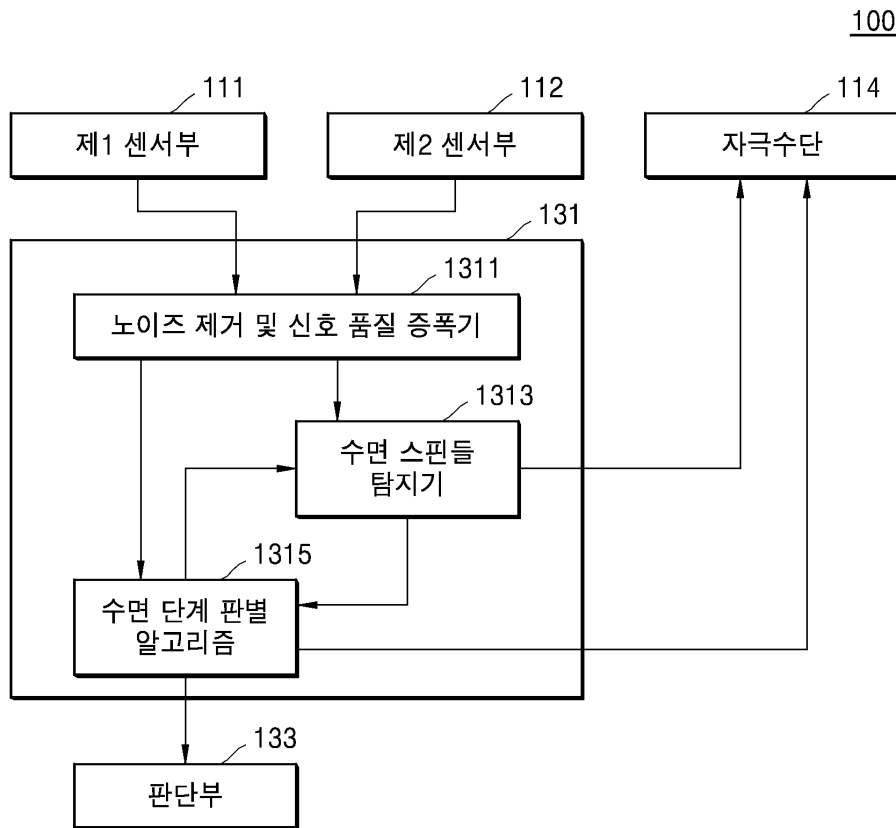
도면4



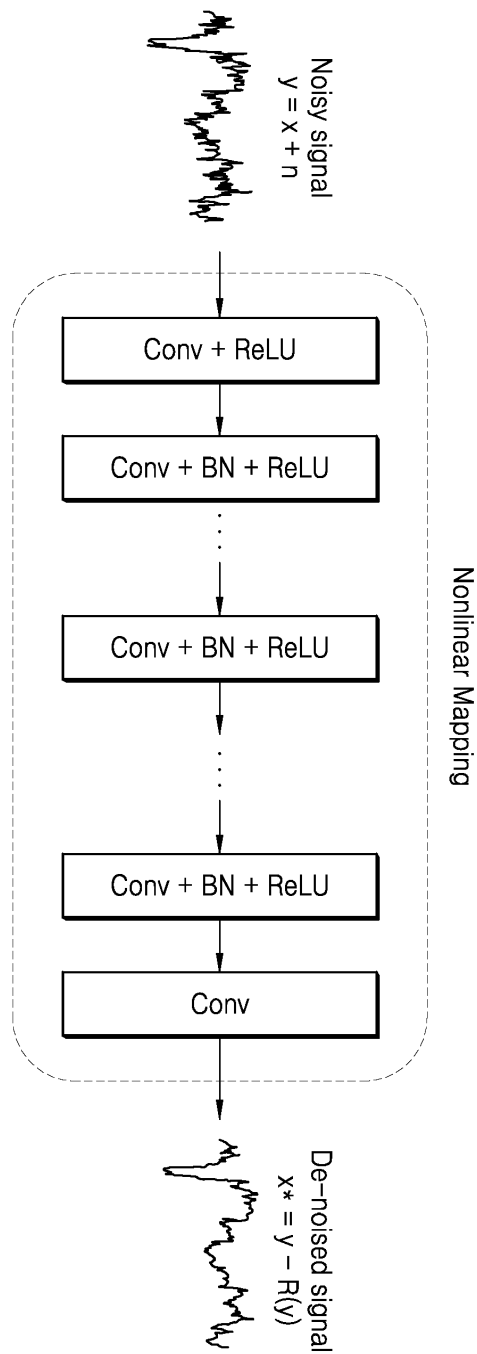
도면5



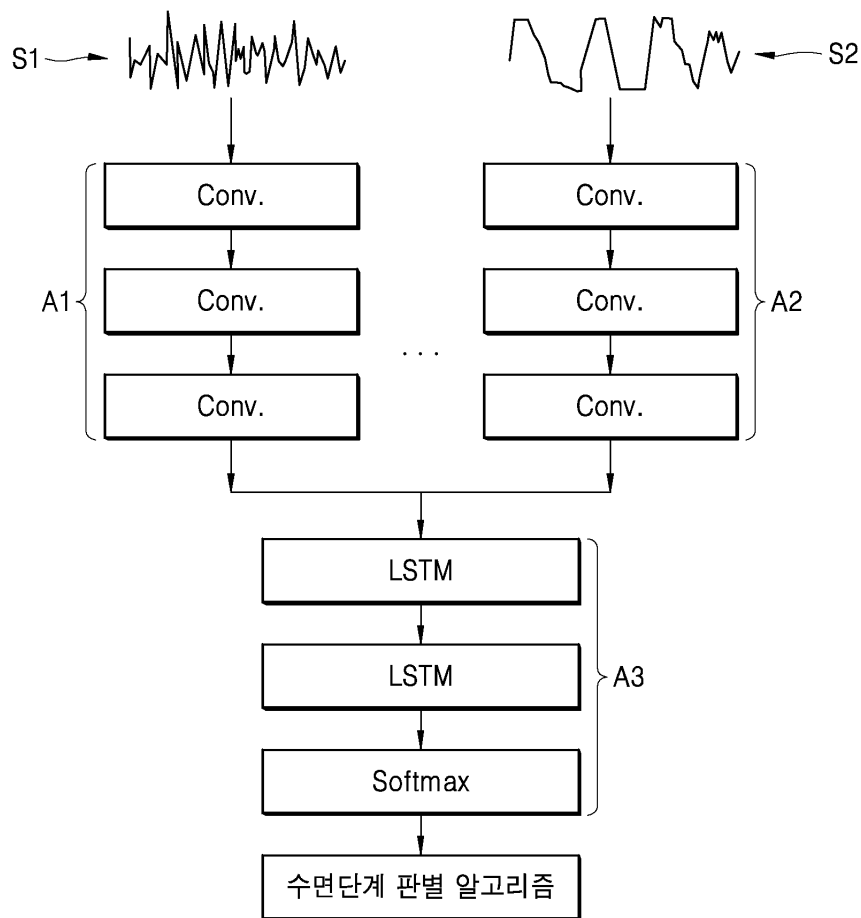
도면6



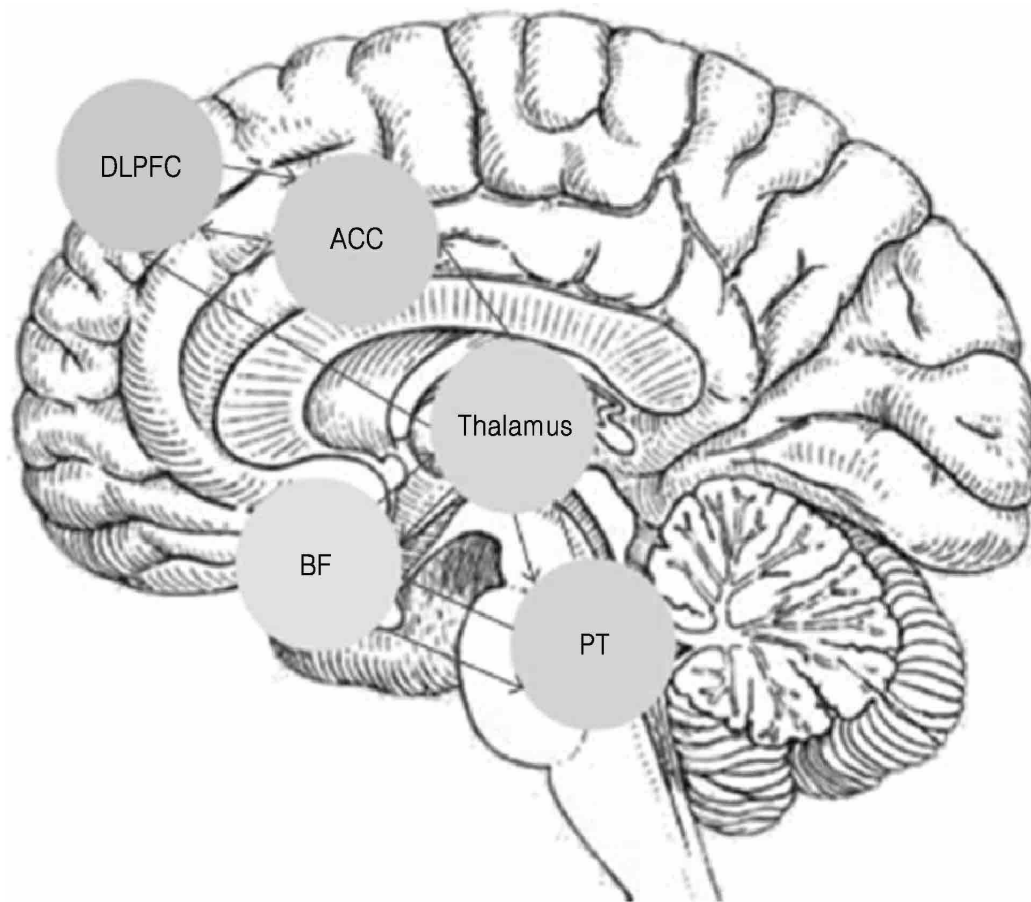
도면7



도면8



도면9



도면10

Sleep

