



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0071523
(43) 공개일자 2019년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2006.01) A61B 5/024 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/4812 (2013.01)
A61B 5/02405 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0172633
(22) 출원일자 2017년12월14일
심사청구일자 2017년12월14일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
경북대학교 산학협력단
대구광역시 북구 대학로 80 (산격동, 경북대학교)
(72) 발명자
신미영
대구광역시 수성구 상록로 69, 101동 703호 (범어동, 래미안수성아파트)
김진우
대구광역시 서구 국제보상로 316, 117동 1103호 (평리동, 롯데캐슬)
(74) 대리인
김종선, 이형석

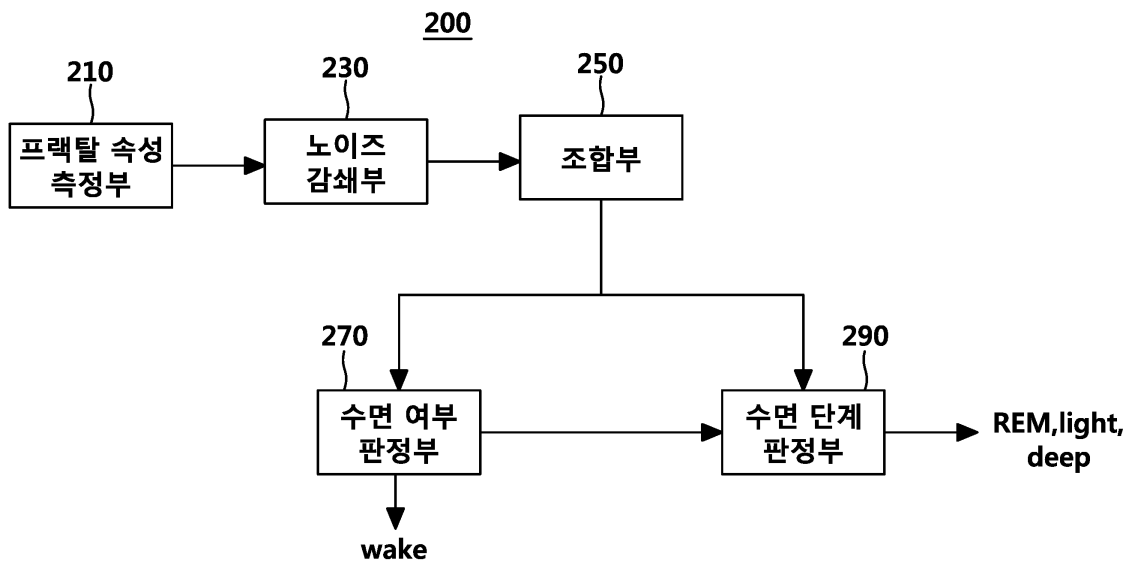
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 심박 변이도의 프랙탈 속성을 이용한 수면 단계 판정 방법 및 장치

(57) 요약

수면 단계 판정 방법이 개시된다. 상기 방법은 심박 센서가 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간 동안 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터로 만든 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하면, 추출된 심박 변이도를 입력받는 단계와, 추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값을 계산하는 단계와, 계산된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61B 5/7225 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711054923

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 글로벌 자동차부품 기능안전 기반 SW 창의인력양성

기 여 율 1/1

주관기관 영남대학교 산학협력단

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

심박 센서가 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간 동안 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터로 만든 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하면, 추출된 심박 변이도를 입력받는 단계;

추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값을 계산하는 단계; 및

계산된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계;를 포함하는 수면 단계 판정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수면 단계를 판정하는 단계는,

계산된 프랙탈 속성값의 노이즈를 감쇄시키는 단계;

노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계를 포함하는 수면 단계 판정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 윈도우 사이즈는 상기 일정 시간 동안의 상기 HRV를 동일한 개수의 ABI들을 포함하도록 나누어진 구간들에 포함된 ABI 개수인 것을 특징으로 하는 수면 단계 판정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수면 단계를 판정하는 단계는,

상기 판정의 목적이 수면 상태인지 비수면 상태인지 여부, 수면 상태라면 렘(REM) 수면 상태인지 넨렘(non-REM) 수면 상태인지 여부, 또는 수면 상태라면 얕은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부에 따라 상기 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 중에서 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위를 결정하는 단계; 및

결정된 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위에 해당하는 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계;를 포함하는 수면 단계 판정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프랙탈 속성값을 계산하는 단계는,

각 윈도우 사이즈 범위에 대해 각 ABI의 발생 시점마다 계산된 프랙탈 속성값들을 시간 순으로 연결한 프랙탈 시계열 데이터를 계산하는 것을 특징으로 하는 수면 단계 판정 방법.

청구항 6

심박 센서가 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간 동안 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터로 만든 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하면, 추출된 심박 변이도를 입력받고, 추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값을 계산하는 프랙탈 속성 측정부; 및

계산된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 수면 단계 판정부;를 포함하는 수면 단계 판정 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 계산된 프랙탈 속성값의 노이즈를 감쇄시키는 노이즈 감쇄부;를 더 포함하고,

상기 수면 단계 판정부는 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 수면 단계 판정 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

판정의 목적이 수면 상태인지 비수면 상태인지 여부, 수면 상태라면 램(REM) 수면 상태인지, 넌램(non-REM) 수면 상태인지 여부, 또는 수면 상태라면 얇은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부에 따라 상기 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 중에서 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위를 결정하는 조합부;를 더 포함하고,

상기 수면 단계 판정부는 결정된 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위에 해당하는 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 수면 단계 판정 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 윈도우 사이즈는 상기 일정 시간 동안의 상기 HRV를 동일한 개수의 IBI들을 포함하도록 나누어진 구간들에 포함된 IBI 개수인 것을 특징으로 하는 수면 단계 판정 방법.

청구항 10

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제5항 중 어느 한 청구항에 따른 수면 단계 판정 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 수면 단계 판정 방법 및 장치에 관한 것으로, 특히 심박 변이도의 프랙탈 속성만을 이용하여 수면 단계를 판정하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 수면 단계는 비수면 상태(wake), 얇은 수면 상태(light sleep), 깊은 수면 상태(deep sleep), 및 램 수면 상태(REM sleep)로 나뉜다. 수면 단계를 정확하게 측정하기 위한 방법으로서 PSG(polysomnography) 시

시스템을 이용한다. 이러한 시스템을 이용하기 위해서는 고가의 비용이 요구되며, 수면 전문가에 의한 수동적 판정이 필요하므로 다양한 환경에서의 사용이 어렵다.

- [0003] 최근 생체 센서에 의한 헬스케어나 안전기술에 대한 관심이 높아지면서 저비용으로 편리하게 자동적으로 수면 단계를 측정하기 위한 방법들이 연구되고 있다. 그 중에서도 다양한 상황에서 비교적 안정적으로 신호 데이터의 획득이 가능한 심박 데이터를 기반으로 한 다양한 방법이 모색된다.
- [0004] 종래에는 평균 HR(mean heart rate), SDNN(standard deviation of RR intervals), 파워스펙트럼밀도(spectral power of low frequency) 등의 심박 관련 속성치들을 수면 단계 판정에 사용하였다.
- [0005] 공개특허공보 제10-2014-0120513호에는 심박 변이율 파라미터와 움직임 정보를 산출하고, 산출된 심박 변이율 파라미터와 움직임 정보를 이용하여 상기 수면 단계를 판단하는 발명이 개시되어 있다.
- [0006] 그러나, 상기 선행기술문헌은 심박 변이율 파라미터 뿐만 아니라 움직임 정보를 산출해야 하므로, 판정 속도가 느리다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2014-0120513호(2014.10.14)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 수면 단계 판정 방법 및 장치는 수면 단계 판정에 효과적인 윈도우 사이즈 범위의 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판정 방법은 심박 센서가 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간 동안 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터로 만든 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하면, 추출된 심박 변이도를 입력받는 단계와, 추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값을 계산하는 단계와, 계산된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계를 포함한다.
- [0010] 상기 수면 단계를 판정하는 단계는, 계산된 프랙탈 속성값의 노이즈를 감쇄시키는 단계와, 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계를 포함한다.
- [0011] 상기 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들은, 상기 일정 시간 동안의 n개 이상 m개 이하(n과 m은 1 이상의 자연수)의 ABI를 동일한 개수의 ABI를 포함하도록 나누어진 구간들이다.
- [0012] 상기 수면 단계를 판정하는 단계는, 상기 판정의 목적이 수면 상태인지 비수면 상태인지 여부, 수면 상태라면 램(REM) 수면 상태인지 넌램(non-REM) 수면 상태인지 여부, 또는 수면 상태라면 얕은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부에 따라 상기 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 중에서 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위를 결정하는 단계와, 결정된 윈도우 사이즈 범위에 해당하는 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 단계를 포함한다.
- [0013] 상기 프랙탈 속성값을 계산하는 단계는, 각 윈도우 사이즈 범위에 대해 각 ABI의 발생 시점마다 계산된 프랙탈 속성값들을 시간 순으로 연결한 프랙탈 시계열 데이터를 계산한다.
- [0014] 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판정 장치는, 심박 센서가 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간 동안 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터로 만든 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하면, 추출된 심박 변이도를 입력받고, 추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값을 계산하는 프랙탈 속성 측정부와, 계산된 프랙탈 속성값과 상기

윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정하는 수면 단계 판정부를 포함한다.

- [0015] 상기 수면 단계 판정 장치는 상기 계산된 프랙탈 속성값의 노이즈를 감쇄시키는 노이즈 감쇄부;를 더 포함하고, 상기 수면 단계 판정부는 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정한다.
- [0016] 상기 수면 단계 판정 장치는 판정의 목적이 수면 상태인지 비수면 상태인지 여부, 수면 상태라면 렘(REM) 수면 상태인지, 넌렘(non-REM) 수면 상태인지 여부, 또는 수면 상태라면 얕은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부에 따라 상기 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 중에서 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위를 결정하는 조합부;를 더 포함하고, 상기 수면 단계 판정부는 결정된 윈도우 사이즈 범위에 해당하는 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정한다.
- [0017] 윈도우 사이즈는 상기 일정 시간 동안의 HRV를 동일한 개수의 IBI들을 포함하도록 나누어진 구간들에 포함된 IBI 개수를 의미한다. 윈도우 사이즈 범위 설정에 따라 프랙탈 속성값 계산에 사용되는 윈도우 사이즈들이 달라진다.
- [0018] 본 발명의 실시 예에 따른 컴퓨터 프로그램은 하드웨어와 결합되어 상술한 수면 단계 판정 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 매체에 저장된다.

발명의 효과

- [0019] 상기한 바와 같은 본 발명의 수면 단계 판정 방법 및 장치는 수면 단계 판정에 효과적인 윈도우 사이즈 범위의 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정함으로써 높은 판정의 정확도를 유지하면서도 신속하게 판정할 수 있는 효과를 제공할 수 있다.
- [0020] 또한, 개인에 대한 나이, 성별, 체중 등의 추가 정보 없이도 정확하게 수면 단계를 판정할 수 있으므로, 여러 속성치를 사용하는 시스템보다 간편하게 구현할 수 있는 효과를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판단 시스템을 나타낸다.
 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판단 장치의 블록도이다.
 도 3a 내지 도 3f는 각 윈도우 사이즈 범위에 대해 DFA α 값들에 따른 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이다.
 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 판정의 세부 목적과 윈도우 사이즈 범위의 조합에 따른 판정의 정확도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하에서는 본 발명에 따른 실시 예 및 도면을 참조하여, 본 발명을 더욱 상술한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판정 시스템 나타낸다. 도 1을 참조하면, 수면 단계 판정 시스템(10)은 심박 센서(100), 수면 단계 판정 장치(200), 및 디스플레이 장치(300)를 포함할 수 있다. 수면 단계 판정 시스템(10)은 수면 단계의 변화를 빠르고 정확하게 자동으로 판정하기 위하여 심박 변이도로부터 측정 가능한 다양한 속성들 중에서 수면과 밀접한 관련성을 지니는 교감/부교감 신경의 활동을 반영한다고 알려진 심박의 프랙탈 속성(fractal property)만을 이용한다. 또한, 수면 단계 판정에 효과적인 윈도우 사이즈 범위의 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정한다.
- [0025] 심박 센서(100)는 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간(예컨대, 5분 이상) 동안 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하고, 추출된 HRV를 수면 단계 판정 장치(200)로 전송할 수 있다.
- [0026] HRV란 심전도 또는 맥파 등을 측정하여, 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터(time series)로 만든 것을 의미한다. 따라서, 심박 센서(100)는 ABI를 추출할 수 있는 모든 종류의 센서일 수 있다.
- [0027] 실시 예에 따라, 심박 센서(100)는 ABI가 기준 최대 값보다 크거나, ABI가 기준 최소 값보다 작거나, 또는 ABI

가 다른 IBI들의 평균과의 차이가 크면 잘못 측정된 IBI로 판단할 수 있다. 심박 센서(100)는 잘못 측정된 IBI가 전체의 5%를 초과하지 않는 최소 5분의 연속된 IBI의 시계열 데이터를 수면 단계 판정 장치(200)로 전송할 수 있다.

- [0028] 수면 단계 판정 장치(200)는 HRV에 대한 프랙탈 속성을 이용하여 수면 단계를 판단한다. 수면 단계 판정 장치(200)는 심박 센서(100)로부터 추출된 HRV로부터 프랙탈 속성값을 계산한다.
- [0029] 이때, 윈도우 사이즈 범위를 어떻게 설정하는가에 따라서 측정되는 프랙탈 속성값이 크게 달라지므로 수면 단계 판정 장치(200)는 판정의 세부 목적에 따라 효과적인 윈도우 사이즈 범위를 결정하고, 서로 다른 윈도우 사이즈 범위의 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정한다.
- [0030] 윈도우 사이즈는 일정 시간 동안의 HRV를 동일한 개수의 IBI를 포함하도록 나누어진 구간들에 포함된 IBI의 개수를 의미한다. 윈도우 사이즈 범위를 어떻게 설정하느냐에 따라 프랙탈 속성값의 계산에 사용되는 윈도우 사이즈들이 달라진다.
- [0031] 수면 단계 판정 장치(200)에서 사용되는 윈도우 사이즈 범위들은 외부로부터 입력되거나 내부의 메모리에 미리 저장될 수 있다. 또한, 수면 단계 판정 장치(200)는 PC, 스마트 폰 등일 수 있다.
- [0032] 디스플레이 장치(300)는 수면 단계 판정 장치(200)로부터 판정된 수면 단계를 디스플레이한다. 예컨대, 디스플레이 장치(300)는 수면 단계 판정 장치(200)에 포함되거나, 심박 센서(100)에 포함될 수 있다.
- [0034] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판정 장치의 블록도이다. 도 2를 참조하면, 수면 단계 판정 장치(200)는 프랙탈 속성 측정부(210), 노이즈 감쇄부(230), 조합부(250), 수면 여부 판정부(270), 및 수면 단계 판정부(290)를 포함한다.
- [0035] 프랙탈 속성 측정부(210)는 심박 센서(100)로부터 HRV를 수신하고, 외부로부터 윈도우 사이즈 범위들을 수신하거나, 메모리로부터 상기 윈도우 사이즈 범위들을 읽어올 수 있다. 프랙탈 속성 측정부(210)는 HRV로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위에서 프랙탈 속성값들을 계산할 수 있다. 윈도우 사이즈 범위는 스케일 범위(scale range)라고도 하며, 예컨대, [8 to 16], [16 to 32], [32 to 64], [64 to 128], [128 to 256], 및 [8 to 256] 6가지의 윈도우 사이즈 범위를 사용할 수 있다. 여기서 8, 16, 32 등의 수치는 IBI의 개수를 의미하고, IBI가 8개 이하이면 정보가 너무 적어서 정확한 수면 단계 판정이 어렵고, IBI가 256개 이상이면 5분 이상의 데이터가 요구되므로 적절하지 않다.
- [0036] 실시 예에 따라, 각 IBI의 발생 시점마다 상기 발생 시점으로부터 최근 256개의 IBI를 이용하여 각 윈도우 사이즈에 대한 프랙탈 속성값을 계산한다.
- [0037] 본 명세서에서는 프랙탈 속성을 표상하는 수치로서 DFA(detrend fluctuation analysis) 알파(α)를 이용한다. 특정 윈도우 사이즈 범위([A to B])에 대한 프랙탈 속성값(DFA α)은 다음과 같이 계산할 수 있다.
- [0039] 1. IBI 시퀀스의 누적 합을 계산하여 신호 프로파일을 생성한다.
- [0041] 2. 특정 윈도우 사이즈 범위([A to B])에 대해 윈도우 사이즈들의 집합(T)을 정의한다. 이 때, 윈도우 사이즈들의 집합(T)의 각 윈도우 사이즈(t)는 최소 윈도우 사이즈(A)로부터 최대 윈도우 사이즈(B) 까지 0.25배씩 증가하는 값일 수 있다. 예컨대, [8 to 16]의 윈도우 사이즈 범위의 윈도우 사이즈들은 $8(=2^3)$, $2^{3.25}$, $2^{3.5}$, $2^{3.75}$, $16(=2^4)$ 을 포함할 수 있다.
- [0043] 3. 신호 프로파일을 윈도우 사이즈(t)의 개별 시계열의 집합(W)으로 분할하고, 시계열로부터 최소 자승법을 이용하여 선형 트렌드(linear trend)를 제거하여 디트렌디드 신호(detrended signal; d)를 생성하고, 생성된 디트렌디드 신호(d)의 표준 편차(SD(d))를 계산한다.

- [0045] 4. 모든 표준 편차(SD(d))의 평균으로써 변동 함수(fluctuation function; $f(t)$)를 계산한다.
- [0047] 5. 모든 윈도우 사이즈(t)에 대한 변동 함수를 대수 축들(logarithmic axes) 상에 플롯(plot)하고, 프랙탈 속성 값(DFA α)은 선형 회귀(linear regression)를 이용하여 측정된 트렌드 선(trend line)의 기울기이다.
- [0049] 실시 예에 따라, 각 윈도우 사이즈나 시간 흐름에 따른 프랙탈 속성 값들을 계산할 때, 다이나믹 프로그래밍(dynamic programming) 기법을 사용하여 중복된 계산을 방지함으로써 더 빠른 시스템 구현이 가능하다.
- [0050] 또한, 본 명세서에서 설명의 편의를 위해 특정 윈도우 사이즈 범위(r)에 대해 각 IBI 발생 시점마다 계산된 프랙탈 속성값들을 시간 순으로 연결한 시계열 데이터를 DFASeq_r이라고 한다.
- [0052] 노이즈 감쇄부(230)는 각 윈도우 사이즈에 대해 계산된 프랙탈 속성값들의 노이즈를 감쇄시킨다. 여기서 노이즈는 프랙탈 속성값들 중에서 수면 상태와의 연관도가 적다고 검출된 주파수 대역의 성분을 의미한다.
- [0053] 예컨대, 노이즈 감쇄부(230)는 DFASeq_r을 EMD(empirical mode decomposition) 알고리즘을 사용하여 동일 길이를 갖는 5개의 시계열 데이터로 분리하고, 분리된 5개의 시계열 데이터 중에서 가장 많은 고주파 성분을 보유한 4개의 시계열 데이터는 버리고 나머지 1개의 시계열 데이터를 사용한다. 노이즈가 감쇄된 시계열의 가장 마지막 프랙탈 속성값(즉, 가장 최근의 프랙탈 속성 값)이 수면 상태를 판정하는데 이용된다.
- [0054] 노이즈 감쇄 방식으로 EMD 알고리즘만을 설명하였으나, 이에 한정될 필요는 없고, 버터워스필터방식 등도 사용 가능하다.
- [0056] 도 3a 내지 도 3f는 각 윈도우 사이즈 범위에 대해 DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이다. 예컨대, 도 3a 내지 도 3 f은 7시간 동안 30초마다 계산된 프랙탈 속성값들을 수면 상태에 따른 밀도 플롯(density plot)으로써 시각화한 것이다.
- [0057] 도 3a는 윈도우 사이즈 범위가 [8 to 16]일 때, DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이고, 도 3b는 윈도우 사이즈 범위가 [16 to 32]일 때, DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이고, 도 3c는 윈도우 사이즈 범위가 [32 to 64]일 때, DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이고, 도 3 d는 윈도우 사이즈 범위가 [64 to 128]일 때, DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이고, 도 3e는 윈도우 사이즈 범위가 [128 to 256]일 때, DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이고, 도 3f는 윈도우 사이즈 범위가 [8 to 256]일 때, DFA α 값들의 밀도 분포와 노이즈가 감쇄된 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0058] W는 비수면 상태를 나타내고, S1S2는 얇은 수면 상태를 나타내고, S3S4는 깊은 수면 상태를 나타내고, R은 렘 수면 상태를 나타낸다.
- [0059] 도 3a 내지 도 3f를 참조하면, 노이즈 감쇄를 통해 프랙탈 속성값들과 수면 단계와의 관계성이 더 명확히 관찰된다.
- [0061] 다시 도 1을 참조하면, 조합부(250)는 판정의 세부 목적에 따라 윈도우 사이즈 범위의 조합을 결정한다. 다시 말하면, 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값들을 판정의 세부 목적에 맞게 적절히 조합한다.
- [0063] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 판정의 세부 목적과 윈도우 사이즈 범위의 조합에 따른 판정의 정확도를 나타낸다. 도 4를 참조하면, 수면 상태인지 비수면 상태인지 여부를 판정하는데 있어서, [8 to 16], [16 to 32], [32 to 64], [64 to 128], [128 to 256], 및 [8 to 256] 모든 범위를 윈도우 사이즈 범위로 사용하거나, [8 to 256] 를 제외한 [8 to 16], [16 to 32], [32 to 64], [64 to 128], [128 to 256] 범위를 윈도우 사이즈 범위로 사용할 때 판정의 정확도가 가장 높게 나타난다.

- [0064] 수면 상태로 판정될 때, 렘 수면 상태인지 넢 렘(non-REM) 수면 상태인지 여부를 판정하는데 있어서, [8 to 256] 를 제외한 [8 to 16], [16 to 32], [32 to 64], [64 to 128], [128 to 256] 범위를 윈도우 사이즈 범위로 사용하거나, [32 to 64], [64 to 128] 범위를 윈도우 사이즈 범위로 사용할 때 판정의 정확도가 가장 높게 나타나고, 얇은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부를 판정하는데 있어서, [8 to 256] 범위를 윈도우 사이즈 범위로 사용할 때 판정의 정확도가 가장 높게 나타난다.
- [0066] 수면 여부 판정부(270)와 수면 단계 판정부(290)는 수면 단계를 자동으로 판단하기 위해 기계 학습에 의해 학습된 분류 모델(classification model)을 이용하여 판정을 수행한다.
- [0067] 예컨대, 기계 학습 모델로써 SVM(support vector machine) 회귀(regression) 모델을 사용할 수 있고, 최소 5분의 HRV 데이터에 의해 측정자의 HRV가 마지막으로 측정된 시점에서의 수면 단계를 비수면 상태, 렘 수면 상태, 얇은 수면 상태, 및 깊은 수면 상태의 4가지 중에서 하나로 판정할 수 있다.
- [0068]
- [0069] 수면 여부 판정부(270)는 조합부(250)로부터 수면 여부를 판정하기 위한 적어도 하나의 제1 윈도우 사이즈 범위를 수신하고, 상기 적어도 하나의 제1 윈도우 사이즈 범위와 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값들을 이용하여 수면 여부를 판정한다. 판단의 결과 비수면 상태라고 판단되면 프로세스가 종료되고, 수면 상태라고 판단이 되면 수면 단계 판정부(290)에서 구체적인 수면 단계를 판정한다.
- [0070] 수면 단계 판정부(290)는 조합부(250)로부터 REM 수면 상태인지 NON-REM 수면 상태인지 여부 판정을 위한 적어도 하나의 제2 윈도우 사이즈 범위를 수신하고, 상기 적어도 하나의 제2 윈도우 사이즈 범위와 상기 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값들을 이용하여 측정자의 수면 상태가 렘 수면 상태인지 넢-렘 수면 상태인지 여부를 판정한다.
- [0071] 수면 단계 판정부(290)는 조합부(250)로부터 얇은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부를 판정하기 위한 적어도 하나의 제3 윈도우 사이즈 범위를 더 수신하고, 상기 적어도 하나의 제3 윈도우 사이즈 범위와 상기 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값들을 이용하여 측정자의 수면 상태가 얇은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부를 판정한다.
- [0073] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 수면 단계 판정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 1과 도 5를 참조하면, 심박 센서(100)가 심박 신호를 측정하고, 측정된 심박 신호로부터 일정 시간 동안 연속적인 심박동간 간격(inter-beat interval(ABI))을 시계열 데이터로 만든 심박 변이도(heart rate variability(HRV))를 추출하면, 수면 단계 판정 장치(200)가 추출된 심박 변이도를 입력 받는다(S100).
- [0074] 수면 단계 판정 장치(200)는 심박 센서(100)로부터 추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값을 계산한다(S200).
- [0075] 실시 예에 따라, 프랙탈 속성 측정부(210)가 추출된 심박 변이도로부터 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 각각에서 프랙탈 속성값들을 계산한다. 노이즈 감쇄부(230)가 계산된 프랙탈 속성값들의 노이즈를 감쇄시켜 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값을 출력한다.
- [0076] 수면 단계 판정 장치(200)는 노이즈가 감쇄된 프랙탈 속성값과 상기 윈도우 사이즈 범위들의 조합을 이용하여 수면 단계를 판정한다(S300).
- [0077] 구체적으로, 조합부(250)가 판정의 목적이 수면 상태인지 비수면 상태인지 여부, 수면 상태라면 렘(REM) 수면 상태인지, 넢렘(non-REM) 수면 상태인지 여부, 또는 수면 상태라면 얇은 수면 상태인지 깊은 수면 상태인지 여부에 따라 서로 다른 윈도우 사이즈 범위들 중에서 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위를 결정한다.
- [0078] 수면 여부 판정부(270)와 수면 단계 판정부(290)는 결정된 적어도 하나의 윈도우 사이즈 범위에 해당하는 프랙탈 속성값들의 조합을 이용하여 수면 여부와 수면 단계를 판정한다.
- [0080] 그리고, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 하드웨어와 결합되어 상술한 수면 단계 판정 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램일 수 있다.

[0082] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 장치로서, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽힐 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 기록매체의 예로는 ROM, RAM, 광학 디스크, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크, 비휘발성 메모리 등을 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

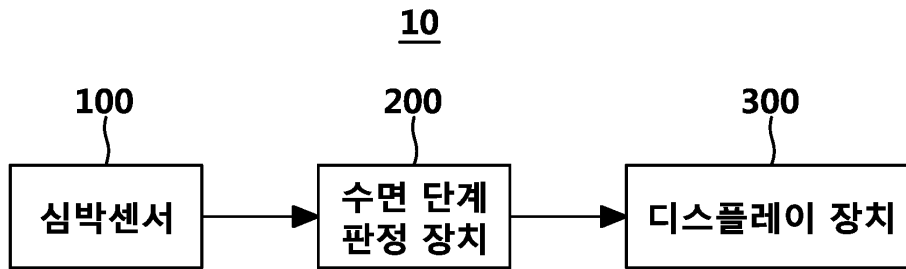
[0084] 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

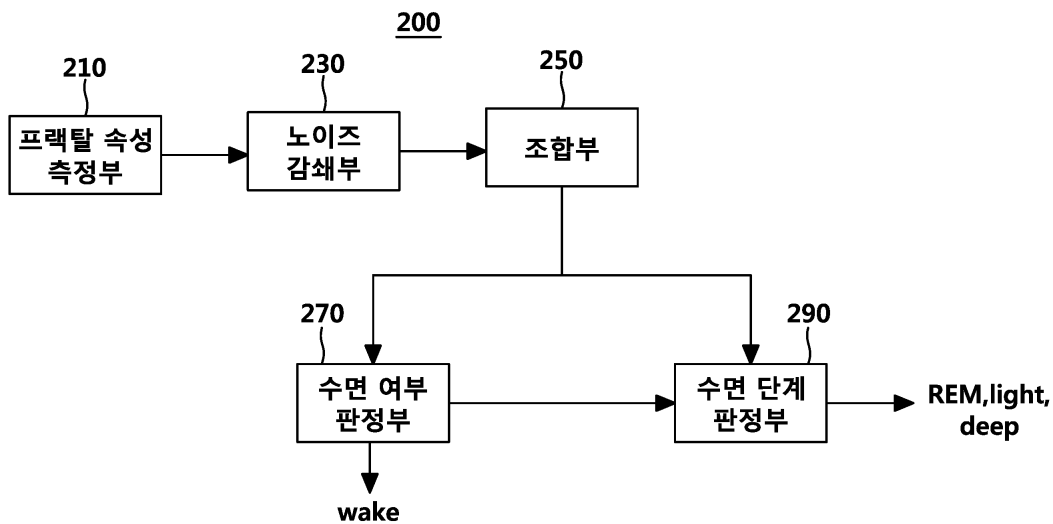
- [0085] 10; 수면단계 판정 시스템
- 100; 심박 센서
- 200; 수면단계 판정장치
- 300; 디스플레이 장치

도면

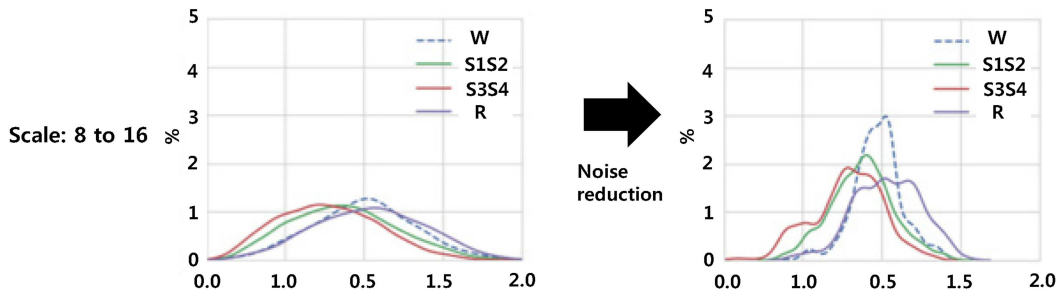
도면1



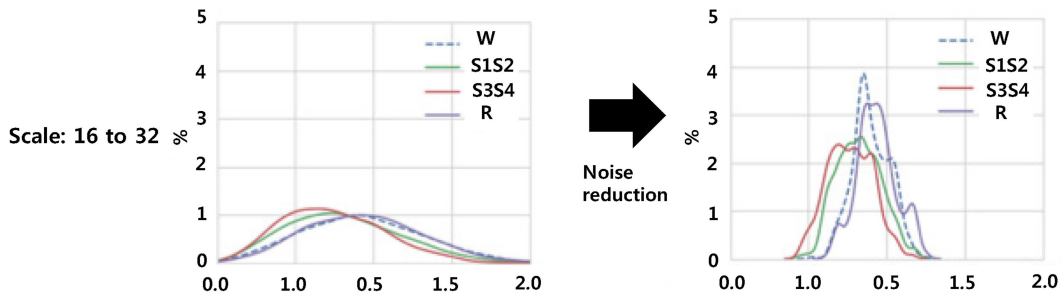
도면2



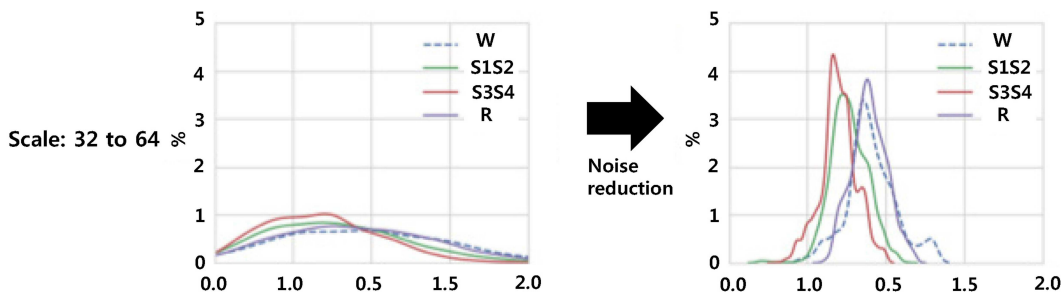
도면3a



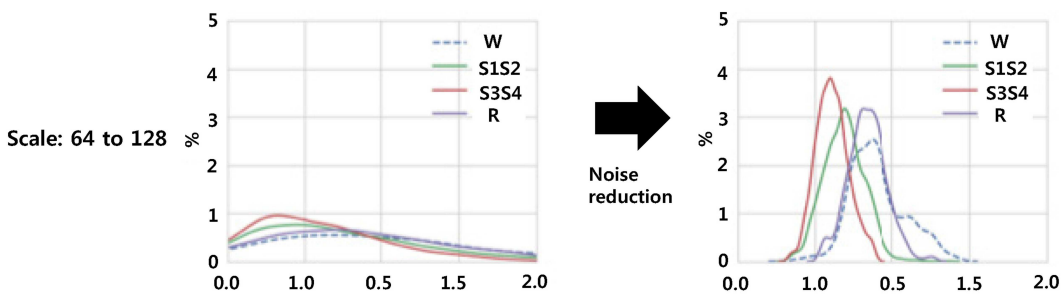
도면3b



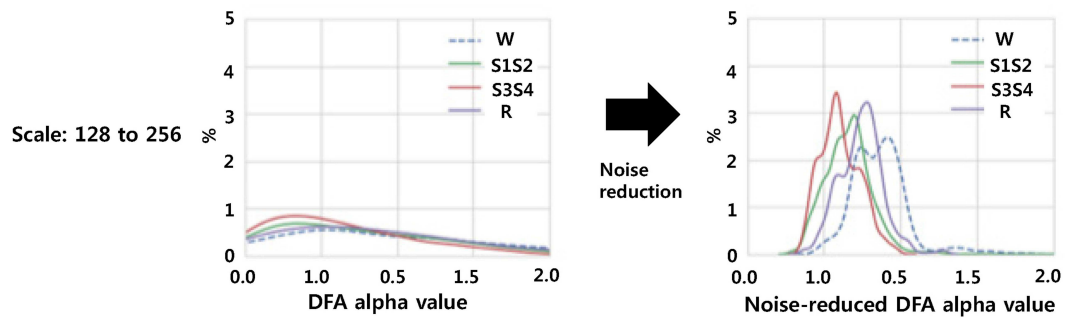
도면3c



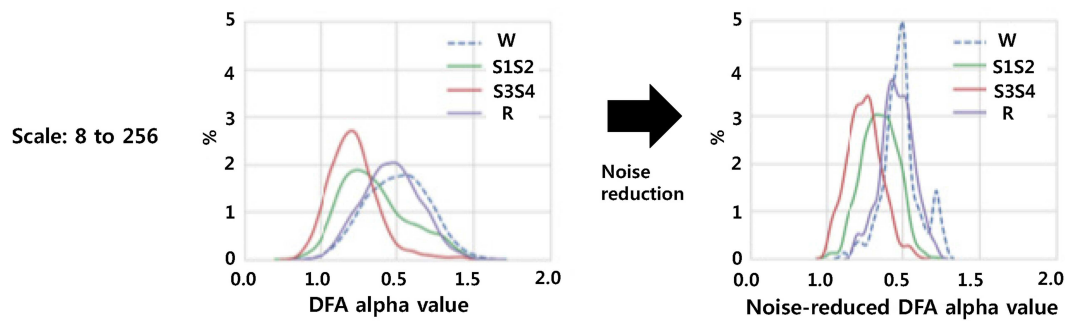
도면3d



도면3e



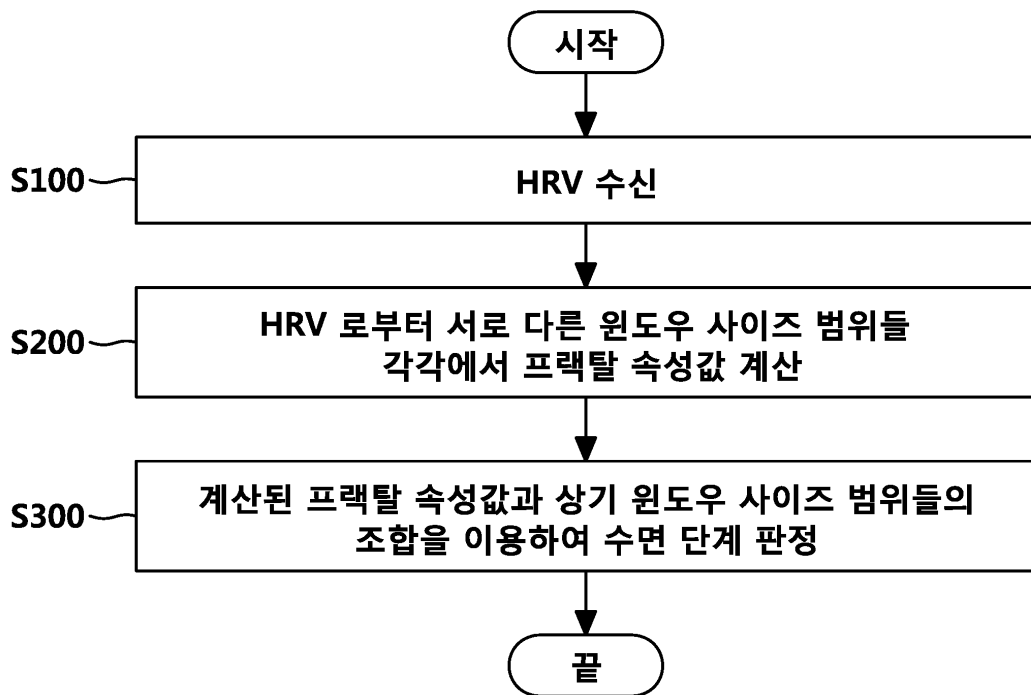
도면3f



도면4

Used scale range(s)		Classification type		
		Wake/Sleep	REM/NREM	Light/Deep
Narrow scale range	8 to 16	0.61	0.72	0.59
	16 to 32	0.61	0.73	0.58
	32 to 64	0.73	0.82	0.65
	64 to 128	0.80	0.84	0.67
	128 to 256	0.81	0.68	0.60
Merged scale range (8 to 256)		0.77	0.81	0.73
Above 6 scale ranges		0.85	0.85	0.71
5 scale ranges (except 8 to 256)		0.85	0.86	0.69
2 scale ranges (32 to 64; 64 to 128)			0.86	0.69
2 scale ranges (64 to 128; 128 to 256)		0.83		

도면5



专利名称(译)	利用心率变异性的分形特性确定睡眠期的方法和装置		
公开(公告)号	KR1020190071523A	公开(公告)日	2019-06-24
申请号	KR1020170172633	申请日	2017-12-14
申请(专利权)人(译)	庆北国立学术基金会		
[标]发明人	신미영 김진우		
发明人	신미영 김진우		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/024		
CPC分类号	A61B5/4812 A61B5/02405 A61B5/7225		
代理人(译)	Gimjongseon Yihyeongseok		
其他公开文献	KR102007580B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了睡眠阶段确定方法。该方法测量心率变异性 (HRV)，其中心率传感器测量心率信号并从测量的心率信号中生成连续的心跳间隔 (IBI) 作为时间序列数据。在提取时，接收提取的心率变异性，从提取的心率变异性计算每个不同窗口大小范围内的分形属性值，并使用计算的分形属性值和窗口大小范围的组合。确定睡眠阶段。

표도 - 도2

