



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년04월13일
(11) 등록번호 10-1834906
(24) 등록일자 2018년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2006.01) A61B 5/01 (2006.01)
A61B 5/026 (2006.01) A61B 5/03 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/746 (2013.01)
A61B 5/0022 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0115908
(22) 출원일자 2016년09월08일
심사청구일자 2016년09월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160028329 A*
KR101298838 B1*
KR1020150021298 A*
KR100462182 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
(72) 발명자
김상우
경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 7동 1003호 (지곡동, 교수아파트)
정재진
대구광역시 달성군 다사읍 달구벌대로 812, 203동 604호(강창하이츠)
최민호
경기도 오산시 가수로 33, 111동 1304호(가수동, 늘푸른오스카빌아파트)
(74) 대리인
이철희

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 김의태

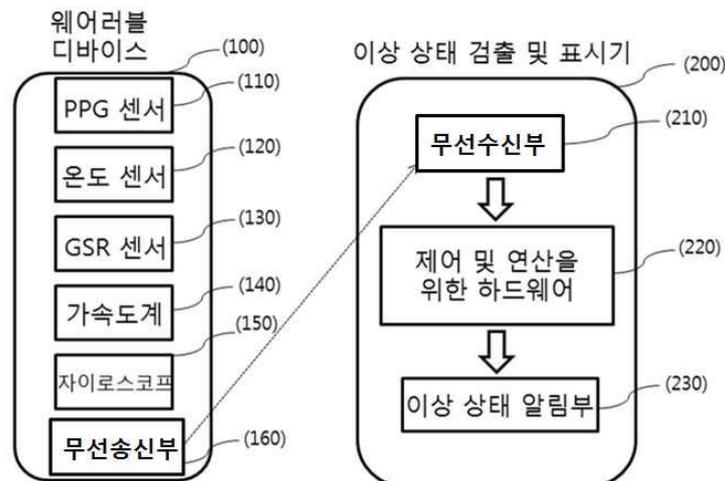
(54) 발명의 명칭 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 웨어러블 디바이스를 이용하여 측정된 생체 신호를 기반으로 하여 운전자의 이상 상태를 사전에 분류 및 검출하여 운전자 및 동승자에게 알려줌으로써 사고를 미연에 방지할 수 있는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템 및 방법에 관한 것이다.

본 발명은 운전자의 이상 상태를 사전에 검출하고 이를 운전자 및 동승객에게 알려주어 운전자의 이상 상태를 사전에 통보 받아 휴식이나 실내 환기 등 적절한 조치가 취해지도록 함으로써 이상 상태로 인한 교통사고를 예방하여 사고로 인한 인적 및 물적 손실을 줄일 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- A61B 5/01 (2013.01)
- A61B 5/0261 (2013.01)
- A61B 5/031 (2013.01)
- A61B 5/7225 (2013.01)
- A61B 5/7235 (2013.01)
- A61B 5/7271 (2013.01)
- A61B 2562/0219 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	S2322485
부처명	기타국가기관 (중소기업청)
연구관리전문기관	정보통신산업진흥원
연구사업명	중기청 R&D
연구과제명	생체 신호 기반의 운전자 이상 상태 감지 및 알림 시스템
기 여 율	1/1
주관기관	포항공과대학교 산학협력단
연구기간	2015.07.29 ~ 2016.05.28

명세서

청구범위

청구항 1

사용자의 이상 상태를 검출하는 시스템에 있어서,

상기 사용자의 생체신호 및 움직임 신호를 측정하여 측정된 신호를 외부로 송신하는 웨어러블 디바이스; 및

상기 웨어러블 디바이스에서 송신된 신호를 수신 및 처리하여 상기 사용자의 이상상태를 검출하고 이를 표시하는 이상 상태 검출 및 표시기;를 포함하되,

상기 이상 상태 검출 및 표시기는

상기 웨어러블 디바이스로부터 송신된 신호를 수신하는 무선수신부;

상기 수신된 신호를 전처리하고 이상상태를 검출하는 제어 및 연산을 위한 하드웨어; 및

상기 제어 및 연산을 위한 하드웨어로부터 검출된 이상상태를 외부에 알려주는 이상상태 알림부;를 구비하며,

상기 제어 및 연산을 위한 하드웨어는

측정된 피피지 신호의 피크 검출과, 해당 구간의 신호가 이상상태 검출에 사용될 수 있는지 여부를 판단하기 위한 전처리와, 이상상태 검출을 위한 특징 추출과 에이다부스트(Adaboost)를 이용한 이상 상태 검출 연산을 수행하는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 웨어러블 디바이스는

사용자의 피피지 신호 측정을 위한 피피지 센서;

사용자의 온도 측정을 위한 온도 센서;

사용자의 지에스알 신호 측정을 위한 지에스알 센서;

사용자의 움직임에 따른 가속도 측정을 위한 가속도계;

사용자의 움직임에 따른 회전운동 신호 측정을 위한 자이로스코프; 및

상기 피피지 센서, 온도 센서, 지에스알 센서, 가속도계 및 자이로스코프로부터 측정된 생체신호 및 움직임에 관한 신호를 상기 이상 상태 검출 및 표시기로 송신하는 무선송신부;를 구비하는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 2항에 있어서, 상기 무선송신부 및 무선수신부는

블루투스, 알에프(RF), 지그비를 포함하는 무선 통신 방식으로 신호를 송신 및 수신하는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 제어 및 연산을 위한 하드웨어는

주변 장치의 제어와 연산을 위한 마이크로 컨트롤 유닛(MCU), 디지털 신호 처리기(DSP) 또는 소형 컴퓨터로 구성되는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 이상 상태 알림부는

엘이디(LED)의 점등이나 안내 메시지 출력과 같은 시각적 알림;

경고음이나 음성 메시지와 같은 청각적 알림; 및

진동에 의한 촉각적 알림;을 통해 이상상태를 외부에 알려주는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템.

청구항 8

사용자의 이상 상태를 검출하는 방법에 있어서,

웨어러블 디바이스를 통해 사용자의 생체신호 및 움직임 신호를 측정하는 생체신호 및 움직임 신호 측정단계;

상기 측정된 신호를 이상상태 검출 및 표시기로 송신하는 신호 송신단계;

상기 송신된 신호를 수신하는 신호 수신단계;

상기 수신된 신호에 대한 전처리과정을 통해 이상상태를 검출하는 이상상태 검출단계; 및

검출된 이상상태를 외부로 알려주는 이상상태 알림단계;를 포함하되,

상기 생체신호 및 움직임 신호 측정단계는

웨어러블 디바이스를 통해 사용자의 피피지 신호, 사용자의 온도, 사용자의 지에스알 신호, 사용자의 움직임에 따른 가속도 및 사용자의 움직임에 따른 회전운동 신호를 측정하며,

상기 이상상태 검출단계는

웨어러블 디바이스로부터 송신된 신호로부터 피피지 신호의 피크를 검출하는 피피지 신호의 피크검출단계;

웨어러블 디바이스를 통해 측정된 신호를 전처리하고 해당 구간의 신호가 이상상태 검출에 사용될 수 있는지 여부를 판별하는 전처리 및 신호 판별단계;

상기 전처리 및 신호 판별단계에서 사용 가능한 신호로 판단된 신호를 이용하여 이상 상태를 검출을 위한 특징을 추출하는 특징추출단계; 및

상기 특징추출단계에서 추출된 특징을 이용하여 이상상태를 추출하는 이상상태 추출단계;를 포함하되,

상기 이상상태 추출단계는

정상상태, 스트레스 상태, 졸음상태 또는 피곤상태를 대상으로 상태 검출 및 분류를 위해 복수개의 분류기를 사용하며, 상기 복수개의 분류기의 결과를 종합하여 최종적인 결과를 산출하는 에이다부스(Adaboost)기법을 사용하여 이상상태를 추출하는 단계인 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 8항에 있어서, 상기 신호 송신단계 및 신호 수신단계는

블루투스, 알에프(RF) 또는 지그비를 포함하는 무선 통신방식으로 진행되는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 8항에 있어서, 상기 전처리 및 신호 판별단계는

피피지 신호의 펄스 간격의 증감 정도에 따른 제1조건, 펄스 간격의 유사도에 따른 제2조건, 가속도 값의 크기에 따른 제3조건 및 펄스 형태의 유사도에 따른 제4조건을 기준으로 해당 구간 신호가 이상상태 검출에 사용될 수 있는지 여부를 판별하는 단계인 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법.

청구항 13

제 8항에 있어서, 상기 특징추출단계는

피피지 신호의 평균 피크간격, 피크 크기의 평균, 직류 성분의 크기를 알기 위한 피피지 신호의 중간값, 상기 피크 크기의 평균과 상기 피피지 신호의 중간값의 비, 온도 값의 평균, 지에스알 신호의 평균값 및 자이로 값의 변화 정도로 구성된 특징을 추출하는 단계인 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 8항에 있어서, 상기 이상상태 알림단계는

검출된 이상상태에 따라 엘이디(LED)의 점등이나 안내 메시지 출력과 같은 시각적인 알림을 제공하거나 경고음이나 음성 메시지와 같은 청각적인 알림을 제공하거나 진동에 의한 촉각적 알림을 제공하는 단계인 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

제 12항에 있어서,

상기 제1조건 및 상기 제2조건을 만족하거나,

상기 제1조건, 상기 제3조건 및 상기 제4조건을 만족하는 경우 상기 해당 구간의 신호가 이상상태 검출에 사용될 수 있는 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이상상태 검출 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 웨어러블 디바이스를 이용하여 측정된 생체 신호를 기반으로 하여 운전자의 이상 상태를 사전에 분류 및 검출하여 운전자 및 동승자에게 알려줌으로써 사고를 미연에 방지할 수 있는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 운전 중 운전자의 스트레스, 졸음, 피곤과 같은 이상 상태는 운전자의 반응 속도나 판단 능력에 영향을 미쳐 주행 능력을 감소시키며 이로 인해 교통사고의 위험을 높인다.

- [0003] 이러한 운전 중 운전자의 이상 상태를 모니터링 하기 위해 다양한 방법들이 제안이 되었으며 그 중 한 가지 방법은 특허문헌 1과 같이 주로 운전자의 졸음을 검출하기 위한 목적으로 수행되는 영상 처리 기반의 방법으로, 카메라 영상으로 운전의 얼굴에 나타나는 졸음 징후를 포착하여 운전자의 졸음을 검출하게 된다.
- [0004] 하지만 이러한 영상 처리 기반의 방법은 조명 상태나 운전자의 안경 착용 유무와 같은 환경적인 요인에 영향을 받기 쉽고, 졸음 징후가 운전자의 얼굴에 나타난 후에 졸음 검출이 가능하다는 단점을 가지고 있다.
- [0005] 이밖에 뇌파를 비롯한 다양한 운전자의 생체 신호를 수집한 후 이를 바탕으로 이상 상태를 검출하고 알람을 발생시키는 많은 시스템들이 제안되기도 하였다. 그러나 생체 신호 기반의 방법은 생체 신호의 수집을 위한 측정 장치를 운전자의 몸에 부착하여야 하는 불편함이 있었다. 따라서 이러한 문제를 해결하여 손쉽게 운전자의 생체 신호를 수집하고 이를 통해 운전자의 이상 상태를 검출하고자 하는 시도로써 최근 웨어러블 디바이스를 기반으로 한 특허문헌 2와 같은 방법이 많이 제안이 되었다.
- [0006] 생체 신호란 우리 몸에서 측정 가능한 신호들로 뇌의 활동에 의해 발생하는 뇌파 이외에도 심장 박동에 의한 혈류를 빛을 이용하여 측정하는 피피지 (PPG:photoplethysmography), 땀샘의 활성화에 따라 변하는 피부 전도도를 측정하는 전기피부반응(galvanic skin response:GSR) 외에 신체의 온도 등이 포함 될 수 있다.
- [0007] 앞에서 기술한 바와 같이 생체 신호를 기반으로 하는 실용적인 운전자 이상 상태 검출 시스템을 구성하기 위해서는 웨어러블 디바이스 등과 같이 운전자의 불편을 최소화 하면서 생체 신호를 수집하는 것이 필수적이다.
- [0008] 하지만 웨어러블 디바이스에서 사용하는 비침습적 센서 또는 신호 측정 방법은 측정자의 움직임에 매우 민감하며 많은 잡음을 포함하게 되므로 획득한 신호의 부정확성으로 해당 신호를 상태 판별에 이용할 시 잘못된 상태 판단을 내릴 가능성이 높다. 따라서 웨어러블 디바이스를 활용한 시스템에서 사용하려는 목적에 맞게 해당 신호의 신뢰성을 판단하는 과정이 필수적이다.
- [0009] 또한 이상 상태를 판단할 때 정상 상태와 함께 스트레스, 졸음, 피곤 등의 다른 이상 상태를 구분하여 판단하기 때문에 각 상태를 구분할 수 있는 특징을 생체 신호로부터 추출해야 하며 적절한 분류 방법을 선택해야만 높은 정확도로 이상 상태를 분류 및 검출할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) : 특허출원 10-2004-0004677호
- (특허문헌 0002) : 특허출원 10-2014-0103845호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 웨어러블 디바이스를 이용하여 측정된 생체 신호를 기반으로 하여 사용자의 이상 상태를 사전에 분류 및 검출하여 운전자 및 동승자에게 알려줌으로써 사고를 미연에 방지할 수 있는 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템은 사용자의 이상 상태를 검출하는 시스템에 있어서, 상기 사용자의 생체신호 및 움직임 신호를 측정하여 측정된 신호를 외부로 송신하는 웨어러블 디바이스; 및 상기 웨어러블 디바이스에서 송신된 신호를 수신 및 처리하여 상기 사용자의 이상상태를 검출하고 이를 표시하는 이상 상태 검출 및 표시기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법은 사용자의 이상 상태를 검출하는 방법에 있어서, 웨어러블 디바이스를 통해 사용자의 생체신호 및 움직임 신호를 측정하는 생체신호 및 움직임 신호 측정단계; 상기 측정된 신호를 이상상태 검출 및 표시기로 송신하는 신호 송신단계; 상기 송신된 신호를 수신하는 신호 수신단계; 상기 수신된 신호에 대한 전처리과정을 통해 이상

상태를 검출하는 이상상태 검출단계; 및 검출된 이상상태를 외부로 알려주는 이상상태 알림단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0014] 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템 및 방법은 사용자, 특히 운전자의 이상 상태를 사전에 검출하고 이를 운전자 및 동승객에게 알려주는 것이 가능하며, 이를 통해 운전자의 이상 상태를 사전에 통보 받아 휴식이나 실내 환기 등 적절한 조치가 취해지도록 함으로써 이상 상태로 인한 교통사고를 예방하여 사고로 인한 인적 및 물적 손실을 줄일 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 더 나아가 사고의 예방 이외에도 운전자의 이상 상태에 대한 정보는 주행 경로나 목적지, 휴식 시간 등 주행 중 발생하게 되는 다양한 의사 결정에 도움을 주어 운전자로 하여금 운전을 보다 쾌적하게 할 수 있도록 도와준다.
- [0016] 또한, 운전자의 이상 상태 감지뿐만 아니라 본 발명에 포함된 생체 신호 처리 방법이나 상태 검출 알고리즘은 다양한 헬스 케어 제품이나 다른 산업 현장에서 작업자의 상태를 모니터링 하는 시스템 등의 여러 제품에 응용될 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1 은 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법의 흐름도이다.
- 도 3은 도 2의 이상상태 검출단계를 세분화한 순서도이다.
- 도 4는 측정된 PPG 신호의 파형 및 검출된 피크를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 도 2의 전처리 및 신호 판별단계를 세분화한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명은 실용적인 생체 신호 기반의 운전자 이상 상태 시스템 및 세부 알고리즘에 관한 것으로 실용적인 시스템의 구성을 위해 시계 형태의 웨어러블 디바이스를 이용하여 운전자의 생체 신호와 움직임에 관한 신호를 측정한다.
- [0019] 이상 상태 검출을 위한 여러 신호를 운전자로부터 측정된 후, 측정된 신호를 검사하여 해당 신호를 이상 상태 검출에 사용할 수 있을지를 검사하는 전처리 과정을 실시하며, 전처리 과정 결과에서 사용 가능하다고 판단되는 구간의 신호를 이용하여 이상 상태 검출을 실시한다.
- [0020] 이상 상태 검출에 있어서, 보다 정확도 높은 검출 성능을 갖기 위하여 여러 분류기의 결과를 종합하여 최종적인 결과를 산출하는 앙상블 학습(ensemble learning) 기법 중 하나인 에이다부스트(Adaboost)를 이용한다.
- [0021] 상기 목적을 달성하기 위해 제안 된 본 발명은 크게 생체 신호를 측정하기 위한 웨어러블 디바이스와 측정된 신호를 처리하고 검출된 상태를 알려주기 위한 이상 상태 검출 및 표시기로 구성되며 이를 설명하기 위하여 도면을 참조하여 실시 내용을 구체적으로 기술한다.
- [0022] 도 1은 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템의 구성도이다.
- [0023] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 시스템은 웨어러블 디바이스(100) 및 이상 상태 검출 및 표시기(200)를 구비한다.
- [0024] 웨어러블 디바이스(100)는 착용자의 신체에서 발생하는 여러 생체 신호나 움직임으로 인한 정보를 측정하기 위한 것으로 주로 손목 등에 착용되는 스마트 워치 형태의 디바이스를 포함할 수 있다.
- [0025] 웨어러블 디바이스(100)는 피피지(PPG) 센서(110), 온도 센서(120), 지에스알(GSR) 센서(130), 가속도계(140), 자이로스코프(150) 및 무선 통신부(160)를 구비한다. PPG 센서(110), 온도 센서(120) 및 GSR 센서(130)는 착용자의 피피지(PPG) 신호, 온도 및 지에스알(GSR) 신호를 감지한다. 가속도계(140) 및 자이로스코프(150)는 착용자의 움직임에 의한 정보를 측정한다. 무선 송신부(160)는 상기 센서들에 의해 측정된 신호를 무선통신을 통해 외부로 전송한다. 이때 무선 통신은 블루투스나 지그비 또는 알에프(Radio Frequency:RF) 통신 등이 포함될 수 있다.

- [0026] 이상 상태 검출 및 표시기(200)는 차량 내부의 운전자 또는 동승객에게 쉽게 보일 수 있는 위치에 거치되는 장치로, 무선수신부(210), 제어 및 연산을 위한 하드웨어(220) 및 이상 상태 알림부(230)를 구비한다.
- [0027] 무선수신부(210)는 웨어러블 디바이스(100)에서 송신하는 신호를 수신하기 위한 장치로 웨어러블 디바이스의 무선 송신부(160)와 동일한 통신 방법을 사용한다.
- [0028] 제어 및 연산을 위한 하드웨어(220)는 무선 통신부(210)와 이상 상태 알림부(230)의 동작을 제어하는 한편 무선 송신부(210)로부터 전달 받은 신호를 처리하여 운전자의 현재 상태를 판단한다. 그 후 검출한 상태를 이상 상태 알림부(230)로 전송하여 적절한 조치가 취해질 수 있도록 한다. 따라서 제어 및 연산을 위한 하드웨어(220)는 주변 장치의 제어와 연산을 위한 마이크로 컨트롤 유닛(Micro controller unit:MCU), 디지털 신호 처리기(Digital Signal Processor:DSP) 또는 소형 컴퓨터로 구성될 수 있다.
- [0029] 이상 상태 알림부(230)는 제어 및 연산을 위한 하드웨어(220)에서 검출한 사용자 상태의 종류를 전달 받아 그에 알맞은 알림을 발생시켜 이상 상태를 외부로 알려준다. 해당 알림은 상태에 따라 엘이디(LED)의 점등이나 안내 메시지 출력과 같은 시각적인 알림과 함께, 상태에 따른 경고음이나 음성 메시지와 같은 청각적인 알림을 포함할 수 있다. 또한 검출된 상태를 완화시키기 위한 배경 음악이나 환기, 진동 등의 후속 조치도 포함될 수 있다.
- [0030] 도 2는 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법의 흐름도이다.
- [0031] 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 생체신호와 웨어러블 디바이스 기반의 사용자 이상상태 검출 방법은 생체신호 및 움직임 신호 측정단계(S100), 신호 송신단계(S200), 신호 수신단계(S300), 이상상태 검출단계(S400) 및 이상상태 알림단계(S500)를 구비한다.
- [0032] 생체신호 및 움직임 신호 측정단계(S100)에서는 시계 형태의 웨어러블 디바이스를 이용하여 피피지(PPG) 신호, 온도 및 지에스알(GSR) 신호와 같은 운전자의 생체 신호와 가속도 및 자이로 신호 등의 움직임에 관한 신호를 측정한다.
- [0033] 신호 송신단계(S200)에서는 웨어러블 디바이스 내의 무선통신부를 이용하여 측정된 신호를 송신하며, 신호 수신단계(S300)에서는 이상 상태 검출 및 표시기 내의 무선통신부를 이용하여 웨어러블 디바이스에서 송신된 신호를 수신한다.
- [0034] 이상상태 검출단계(S400)에서는 수신된 신호에 대한 전처리 과정을 통해 이상상태를 검출하며 이상상태 알림단계(S500)에서는 검출된 이상 상태를 시각적 및 청각적 알림장치를 통해 운전자 또는 동승객에게 알려준다.
- [0035] 도 3은 도 2의 이상상태 검출단계(S400)를 세분화한 순서도이고, 도 4는 측정된 피피지 신호의 파형 및 검출된 피크를 나타내는 도면이다.
- [0036] 이상상태 검출단계(S400)는 피피지 신호의 피크검출단계(S410), 전처리 및 신호 판별단계(S420), 특징추출단계(S430) 및 이상상태 추출단계(S440)로 구성된다.
- [0037] 피피지 신호의 피크검출단계(S410)에서는 웨어러블 디바이스로부터 송신된 신호로부터 피피지 신호의 피크를 검출한다. 피피지 신호의 피크(peak)란 도 4의 피피지 신호에서 붉은 색 별로 표시된 각 피피지 신호의 펄스(pulse)의 꼭지점으로 심장의 박동에 의해 피가 혈관으로 전달되어 혈관 내부의 압력이 최대가 되는 지점을 말한다. 본 발명에서 구성한 환경에 맞는 알고리즘을 선택하여 피피지 신호의 피크를 검출할 수 있으며 해당 피크를 검출하면 피크의 간격 등을 통해 심박 수의 변화 추이를 알아 낼 수 있다.
- [0038] 전처리 및 신호 판별단계(S420)에서는 웨어러블 디바이스를 통해 측정된 신호를 전처리하여 이상상태 검출에 사용할 수 있는지 여부를 판별한다.
- [0039] 웨어러블 디바이스를 활용하여 신호를 측정할 시, 비 침습적인 신호 측정으로 인해 많은 잡음이 발생하게 된다. 이러한 잡음이 포함된 신호를 상태 판별에 사용할 경우 잘못된 상태 판단이 이루어지기 쉽다. 따라서 해당신호를 전처리하여 이상상태 검출에 사용할 수 있는지 여부를 판별하는 과정이 필수적이다.
- [0040] 해당 전처리 및 신호판별은 잡음에 가장 민감한 PPG 신호를 대상으로 하는데, 피피지 신호에서 피크를 검출한 후 다음의 4가지 조건을 만족하는지를 검사한다.
- [0041] 첫 번째 조건은 심박 수의 증감 정도에 관한 것으로 수학식 1과 같은 부등식을 사용하며, 여기에서 tk-1, tk, tk+1은 연속적인 세 피크의 위치이다.

수학식 1

$$2 \left| \frac{t_{k-1} - 2t_k + t_{k+1}}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})(t_k - t_{k+1})} \right| < 0.5$$

[0042]

[0043]

두 번째 조건은 피크(peak)의 간격이 기준 값에서 크게 벗어나지 않는지를 검사하는 것으로, 검사하는 피피지 신호의 평균 피크 간격과 기준 값의 차가 기준 값의 α 배 이내에 있는지를 검사한다. 자세히 말하면 검사하는 피피지 신호의 평균 피크간격(peak interval:PI)을 테스트간격(tested interval:TI) 이라 하고 기준이 되는 피크간격(PI)을 평균피크간격(MPI)라 할 때 수학식 2와 같이 테스트간격(TI)과 평균피크간격(MPI)의 차의 절대 값이 평균피크간격(MPI)의 α 배 보다 작은지를 검사한다. 신호를 측정하는 장치의 움직임이 적을때 잡음이 발생할 확률이 감소한다.

수학식 2

$$Abs(TI - MPI) < \alpha \cdot MPI$$

[0044]

[0045]

따라서 세 번째 조건은 신호 측정을 위한 웨어러블 디바이스의 움직임이 일정치 이하인지를 검사하는 것이다. 웨어러블 디바이스의 움직임에 관한 정보를 얻기 위하여 측정된 x, y, z축의 가속도 값에서 중력 성분에 의한 값을 배제하기 위하여 각각 고대역 통과 필터를 적용시킨 후 제곱에 합을 취한다. 그리고 이렇게 계산된 움직임 정도에 관한 값의 평균이 기준치 이하인지를 검사하여 측정 장치의 움직임이 적은지를 확인한다.

[0046]

마지막 조건은 적은 잡음 상황에서 각 피피지 신호의 펄스(pulse)의 형태가 유사하게 나타난다는 성질을 이용한 것으로 검사하는 구간내의 각 피피지 신호의 펄스(pulse)의 상관계수(correlation coefficient:CC)를 계산하여 그 최소값이 일정 기준치 이상 인지를 검사한다. 이때 상관계수(CC)는 수학식 3과 같이 계산되며 두 신호 x와 y의 유사도를 비교한다.

수학식 3

$$CC = \frac{\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\Sigma(y_i - \bar{y})^2}} \quad (\bar{x} \text{와 } \bar{y} \text{는 두 신호의 평균})$$

[0047]

[0048]

도 5는 도 2의 전처리 및 신호 판별단계를 세분화한 순서도이다.

[0049]

도 5는 상기한 4가지 조건을 이용하여 검사하는 구간 내 신호의 사용 가능 여부를 판단하는 순서도로 첫 번째 조건과 두 번째 조건 또는 첫 번째 조건과 세 번째 조건 및 네 번째 조건을 만족하는 경우 해당 구간의 신호를 사용 가능하다고 판단한다. 그리고 해당 구간의 신호가 사용가능한 것으로 판단되는 경우 평균피크간격(MPI)을 수학식 4와 같이 갱신한다.

수학식 4

$$MPI = MPI + \mu(MPI_N - MPI) \quad (MPI_N \text{는 현재 구간의 평균 PI, } \mu \text{는 상수})$$

[0050]

[0051]

[0052]

전처리 및 신호 판별단계(S420)에서 사용 가능한 신호라고 판단이 되면 해당 신호를 이용하여 이상 상태를 검출하기 위한 특징추출단계(S430)를 수행한다. 특징은 측정 한 신호 중 피피지 신호, 온도, 지에스알 신호, 자이로 신호를 대상으로 하며 아래와 같은 총 7개의 특징을 추출 한다.

[0053]

첫 번째 특징은 피피지 신호의 평균 피크간격(PI)이고, 두 번째 특징은 피피지 신호에서 0.5 Hz 이하의 저주파

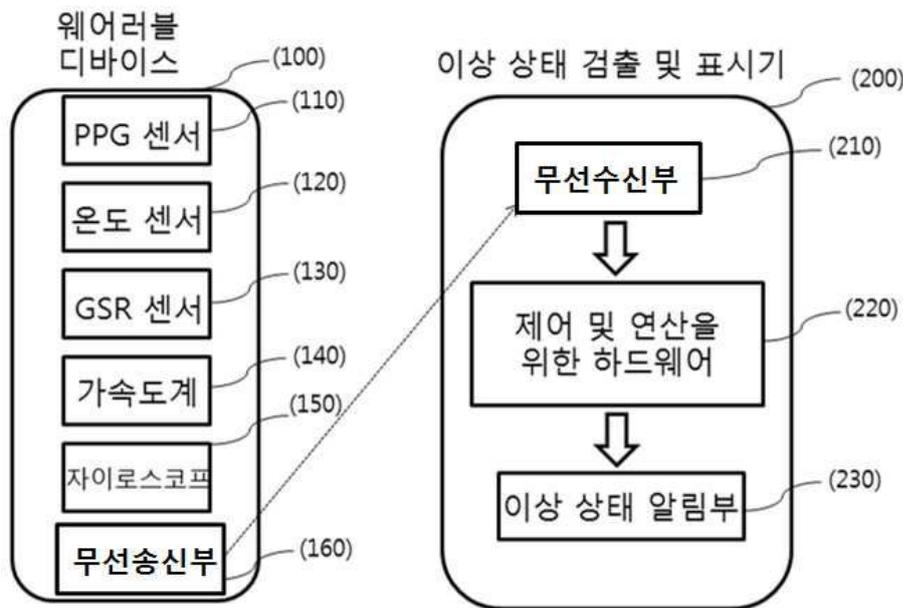
성분을 제거한 신호에서 각 피크 크기의 평균이다. 세 번째 특징은 피피지 신호의 중간(median) 값으로 직류(DC) 성분의 크기를 알기 위한 특징이다. 네 번째 특징은 두 번째와 세 번째 특징의 비로 교류(AC)와 직류(DC) 성분의 비를 나타낸다. 다섯 번째와 여섯 번째의 특징은 각각 온도와 지에스알 신호의 평균값이다. 마지막 특징은 세 축의 자이로 신호에 각 제곱을 취한 후 더한 값에 제곱근을 취한 값의 평균이며 자이로 값의 변화 정도를 나타내는 특징이다.

[0054] 이상 상태 검출을 위한 특징추출단계(S430)에서 추출한 7개의 특징을 이용하여 이상상태 추출단계(S440)에서 실제로 이상 상태의 검출을 실시한다. 상태 검출 및 분류를 위해 분류기를 사용하며 분류기는 구분하기 어려운 정상, 스트레스, 졸음, 피곤의 각 상태들을 대상으로 신뢰도 높은 성능을 이끌어 내기 위하여 앙상블 학습(ensemble learning) 기법 중 하나인 에이다부스트(Adaboost)를 이용한다. 에이다부스트(Adaboost)는 여러 분류기의 결과를 종합하여 결과를 산출하는 방법으로 neural network 기반의 분류기를 한 개 이상 설계하고 설계 및 훈련시킨 여러 개 분류기의 결과를 종합하여 최종적인 상태 분류 및 검출을 수행 한다.

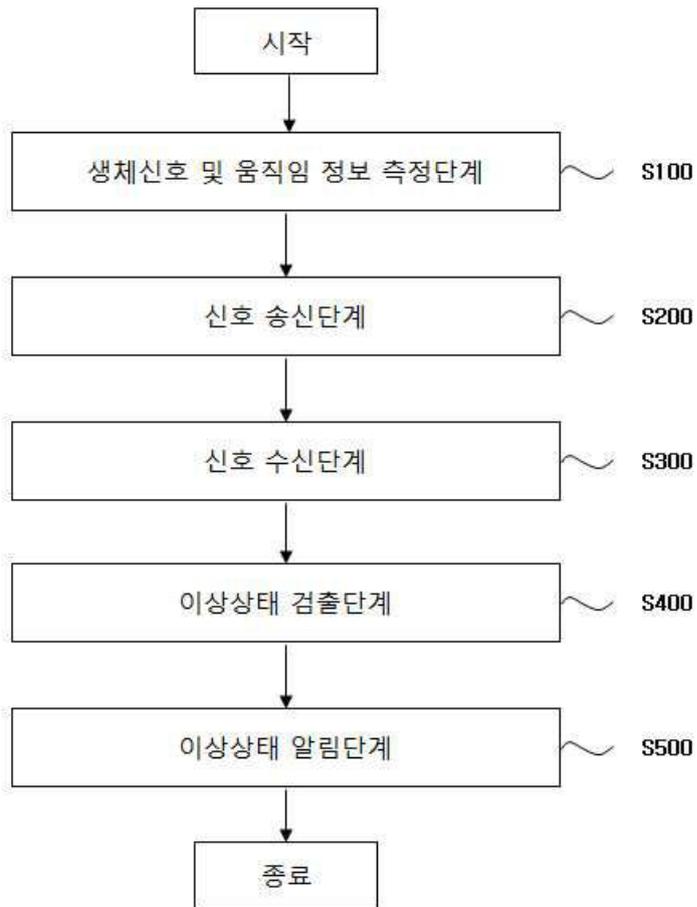
[0055] 본 발명은 도면들에 도시된 실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이들로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

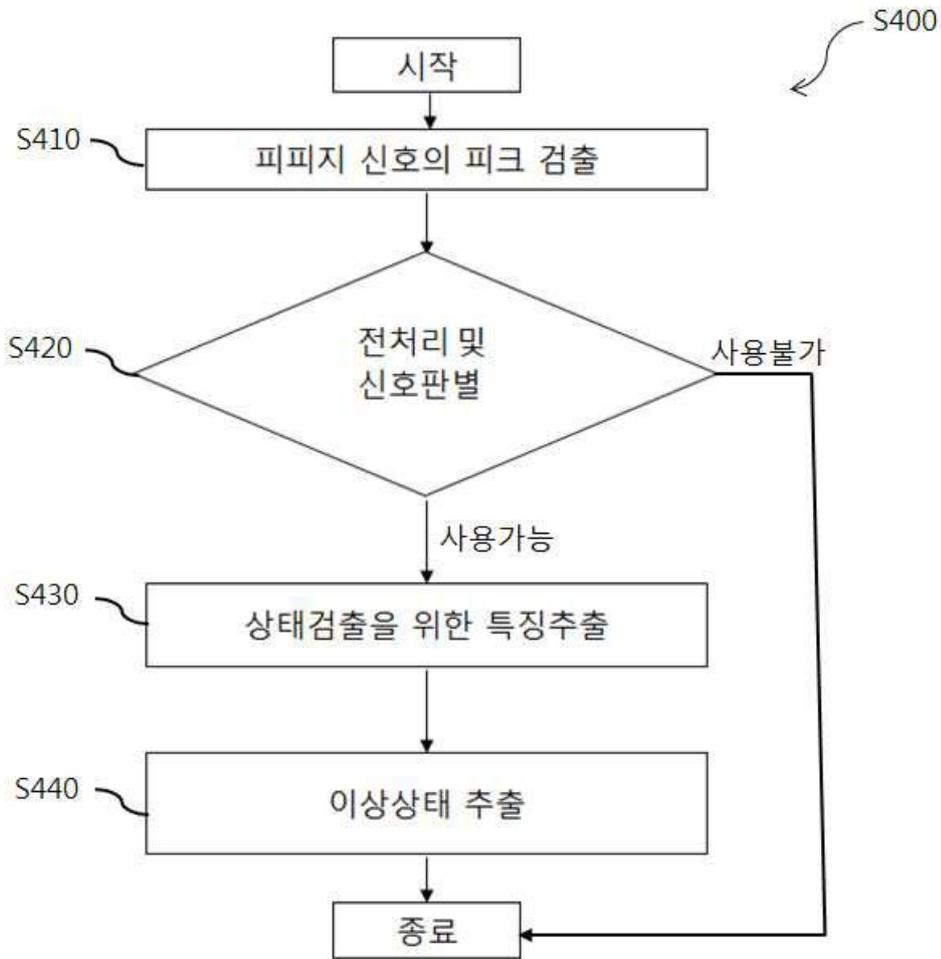
도면1



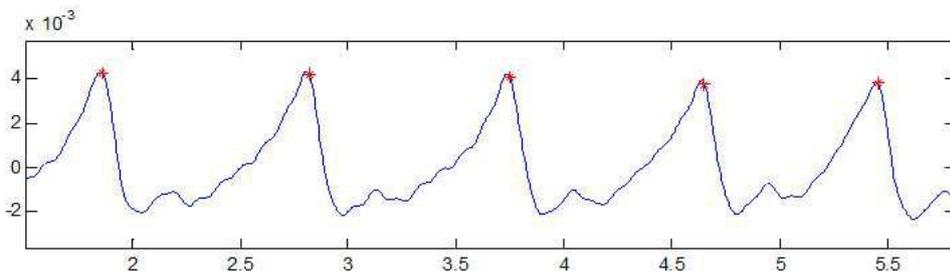
도면2



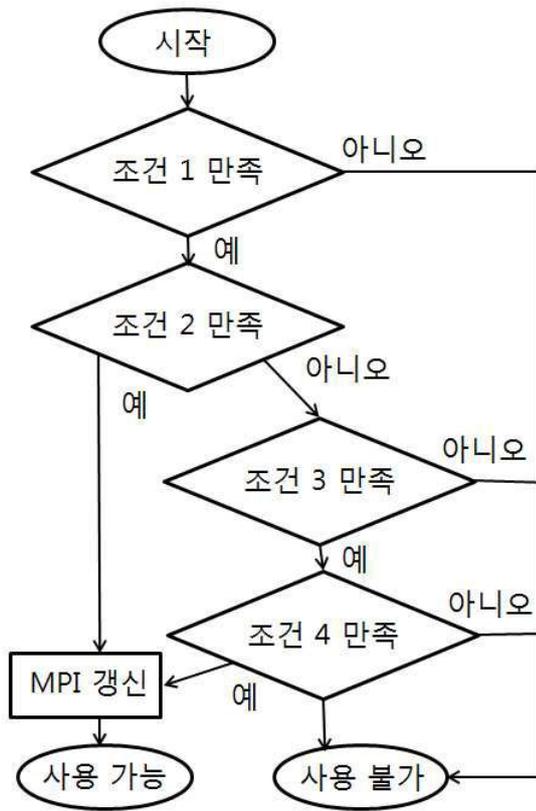
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제5항

【변경전】

제 1항에 있어서,

【변경후】

제 2항에 있어서,