



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0115111
(43) 공개일자 2024년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/02 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/024 (2006.01) G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/02007 (2013.01)
A61B 5/02416 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0007614
(22) 출원일자 2023년01월18일
심사청구일자 2023년01월18일

(71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
신항식
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 서울아산병원
(74) 대리인
특허법인더웨이브

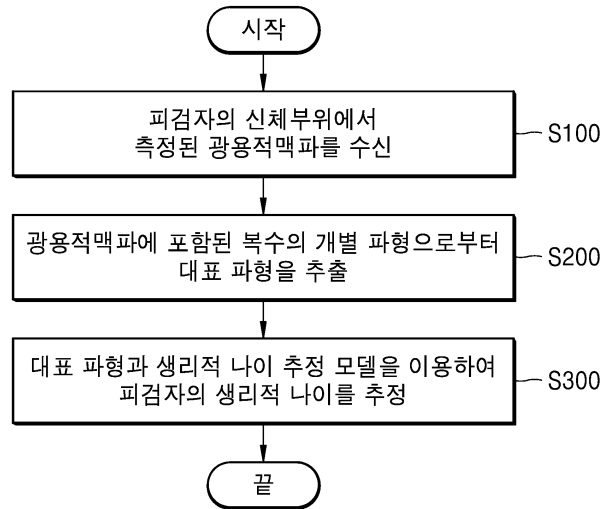
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 생리적 나이 추정 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 생리적 나이 추정 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시예는, 피검자의 신체 부위에서 측정된 광용적맥파(photoplethysmography, PPG)를 수신하는 단계, 상기 수신된 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 단계 및 상기 대표 파형과 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하는 단계를 포함하는 생리적 나이 추정 방법을 제공한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

A61B 5/7203 (2013.01)

A61B 5/7235 (2021.01)

G16H 50/20 (2018.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345350092
과제번호	2018R1D1A3B07046442
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	모바일헬스케어 및 임상활용을 위한 광용적맥파 응용기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파(photoplethysmography, PPG)를 수신하는 단계;
상기 수신된 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 단계; 및
상기 대표 파형과 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하는 단계;를 포함하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,
상기 대표 파형을 추출하는 단계는
상기 수신된 광용적맥파를 상기 복수의 개별 파형으로 분할하는 단계;
PPI(pulse to pulse interval)를 기준으로 상기 복수의 개별 파형 중 이상치를 제거하는 단계;
상기 이상치가 제거된 개별 파형들을 동일 길이를 가지도록 보간하여 파형 데이터를 생성하는 단계;
상기 파형 데이터로부터 중앙(median) 파형을 선별하는 단계; 및
상기 중앙 파형을 완곡화(smoothing)하여 하나의 대표 파형으로 추출하는 단계;를 포함하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,
상기 복수의 개별 파형으로 분할하는 단계는
상기 광용적맥파를 파형의 시작점(pulse onset)을 기준으로 파형별로 분할하여 상기 복수의 개별 파형을 생성하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 4

제2 항에 있어서,
상기 대표 파형을 추출하는 단계는
제1 필터를 이용하여 상기 수신된 광용적맥파에서 노이즈를 제거하는 단계;를 더 포함하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,
상기 대표 파형을 추출하는 단계는
제2 필터를 이용하여 상기 노이즈가 제거된 광용적맥파를 완곡화하는 단계;를 더 포함하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 6

제2 항에 있어서,
상기 이상치는 사분위수를 이용하여 결정되는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 7

제2 항에 있어서,

상기 대표 파형을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 상기 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계;를 더 포함하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계는

상기 대표 파형을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징(feature)을 추출하는 단계; 및

상기 추출된 복수의 특징을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 상기 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계;를 포함하는, 생리적 나이 추정 방법.

청구항 9

피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 수신하는 수신부;

상기 수신된 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 검출부;

상기 추출된 대표 파형을 기초로 생리적 나이 추정 모델을 기계학습하는 학습부; 및

상기 대표 파형과 상기 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하는 판단부;를 포함하고,

상기 대표 파형은 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형의 중앙값(median)을 기초로 결정되는, 생리적 나이 추정 장치.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명의 실시예들은 생리적 나이 추정 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 생리적 노화에 따라 혈관 벽에 지방성 물질이 쌓이게 되면서 혈관 벽이 두꺼워지고 탄력성이 감소하게 된다. 이러한 생리적 노화로 발생하는 동맥 경화는 심근경색, 뇌졸중, 대동맥 박리 등의 치명적인 질환 등을 야기하므로 지속적인 관리 및 관찰이 필요하다.

[0003] 생리적 노화, 특히 혈관 상태를 통한 노화정도를 판단하기 위하여 맥파속도(pulse wave velocity, PWV)를 이용하여 동맥의 경직도를 측정하는 방법이 널리 이용되고 있다. 맥파속도는 동맥의 팽창성과 경화 정도와 밀접한 상관관계를 가지며 노화에 따라 증가하는 속성을 지닌다. 즉, 동맥경화가 진행될수록 맥파속도는 빨라지게 되는 반면, 젊고 건강한 사람의 경우 맥파속도가 상대적으로 느리다.

[0004] 맥파속도는 동맥의 두 지점에서 파동을 비교하여 속도를 계산함으로써 획득될 수 있다. 맥파속도의 측정에는 경동맥-대퇴동맥 맥파속도(cfPWV)가 가장 오래된 방법으로 많은 연구가 이루어졌으나, 경동맥과 대퇴동맥에 센서를 일정한 압력으로 부착하여 깨끗한 파형을 기록하는 것이 어려우며, 거리 산정 방식에 따라 계산 값이 달라지게 되어 질병의 진단 등에 활용하기에는 제한이 있었다.

[0005] 이러한 한계를 개선하기 위해 단일 신체 부위에서 측정된 광용적맥파(photoplethysmogram, PPG)의 파형 형태 변화를 분석하여 혈관의 노화를 평가하는 방법이 주목받고 있다. 최근 광용적맥파의 이차 미분 파형(second-derivative PPG, SDPPG)의 주요 특징점을 이용한 혈관 경직도를 산출하는 방법들이 연구되었으며, 이를 이용하여 생리적 노화를 평가하는 방법들이 다양하게 제안되고 있다.

[0006] 그러나, 광용적맥파의 이차 미분 파형을 이용하여 생리적 노화를 평가하는 방법은 이차 미분된 파형의 특징값의 검출이 오류에 취약하며, 피검자의 특성에 따라 이차 미분 특징점이 관찰되지 않는 문제가 있어 일상적으로 활용

용하기 어려운 문제가 있으며, 특징점들을 감지하고 오답지를 수정하는 것이 복잡하고 번거로운 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 실시예들은 상기한 문제 및/또는 한계를 해결하기 위한 것으로, 광용적맥파에서 대표 파형을 추출하고 추출된 대표 파형을 기초로 피검자의 생리적 나이를 추정하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예는, 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파(photoplethysmography, PPG)를 수신하는 단계, 상기 수신된 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 단계 및 상기 대표 파형과 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하는 단계를 포함하는 생리적 나이 추정 방법을 제공한다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 대표 파형을 추출하는 단계는 상기 수신된 광용적맥파를 상기 복수의 개별 파형으로 분할하는 단계, PPI(pulse to pulse interval)를 기준으로 상기 복수의 개별 파형 중 이상치를 제거하는 단계, 상기 이상치가 제거된 개별 파형들을 보간하여 파형 데이터를 생성하는 단계, 상기 파형 데이터로부터 중앙(median) 파형을 선별하는 단계 및 상기 중앙 파형을 완곡화(smoothing)하여 하나의 대표 파형으로 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 복수의 개별 파형으로 분할하는 단계는 상기 광용적맥파를 파형의 시작점(pulse onset)을 기준으로 파형별로 분할하여 상기 복수의 개별 파형을 생성할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 대표 파형을 추출하는 단계는 제1 필터를 이용하여 상기 수신된 광용적맥파에서 노이즈를 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 대표 파형을 추출하는 단계는 제2 필터를 이용하여 상기 노이즈가 제거된 광용적맥파를 완곡화하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이상치는 사분위수를 이용하여 결정되는 것일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 대표 파형을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 상기 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계는 상기 대표 파형을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징(feature)을 추출하는 단계 및 상기 추출된 복수의 특징을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 상기 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 실시예는 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 수신하는 수신부, 상기 수신된 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 검출부, 상기 추출된 대표 파형을 기초로 생리적 나이 추정 모델을 기계학습하는 학습부 및 상기 대표 파형과 상기 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 상기 피검자의 생리적 나이를 추정하는 판단부를 포함하고, 상기 대표 파형은 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형의 중앙값(median)을 기초로 결정되는 생리적 나이 추정 장치를 제공한다.
- [0018] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0019] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 본 발명의 실시예들은 광용적맥파에서 대표 파형을 추출하고 추출된 대표 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정함으로써, 비침습적인 방법으로 피검자의 생리적 나이를 획득할 수 있으며, 일상생활에서 간편하고 쉽게 생리적 나이를 측정할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 실시예들은 기계학습된 생리적 나이 추정 모델을 이용함으로써 검사자 및 분석자의 숙련도와 무관하게 동일한 기준에 따라 높은 정확도로 생리적 나이를 추정할 수 있으며, 파형 특징값 검출 과정의 오류를

감소시켜 정확도 및 신뢰도가 향상된 생리적 나이를 제공할 수 있다.

[0021] 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 장치를 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 2는 광용적맥파를 복수의 개별 파형으로 분할하는 과정을 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 광용적맥파로부터 추출된 대표 파형을 예시한 도면이다.

도 4는 대표 파형에서 추출된 진행파 및 반사파를 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 방법을 도시한 흐름도이다.

도 6은 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 모델의 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 이하의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0024] 본 실시예들은 다양한 변환을 가할 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 실시예들의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 내용들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 실시예들은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0025] 도면에서는 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0026] 이하의 실시예에서 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다.

[0027] 이하의 실시예에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0028] 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.

[0029] 이하의 실시예에서 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우 뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 장치(100)를 개략적으로 도시한 블록도이다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 장치(100)는 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파(photoplethysmography, PPG)를 획득하고, 획득된 광용적맥파로부터 대표 파형을 추출한 후, 추출된 대표 파형을 기초로 생리적 나이 추정 모델을 효과적으로 학습시킬 수 있으며, 추출된 대표 파형 및 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다.

[0032] 생리적 나이 추정 장치(100)는 적어도 하나 이상의 프로세서(processor)에 해당하거나, 적어도 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 이에 따라 생리적 나이 추정 장치(100)는 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.

[0033] 일 실시예에서, 생리적 나이 추정 장치(100)는 사용자 단말에 탑재될 수 있다. 이때, 사용자 단말은 컴퓨터 장치로 구현되는 고정형 단말이거나 이동형 단말일 수 있으며, 무선 또는 유선 통신 방식을 이용하여 네트워크를

통해 다른 사용자 단말 및/또는 서버와 통신할 수 있다. 예를 들면, 사용자 단말은 스마트폰(smart phone), 휴대폰, 네비게이션, 컴퓨터, 노트북, 디지털방송용 단말, PDA(Personal Digital Assistants), PMP(Portable Multimedia Player), 태블릿 PC, 웨어러블 기기 등일 수 있으나 이에 한정되지 않는다.

[0034] 다른 실시예에서, 생리적 나이 추정 장치(100)는 서버에 구비될 수 있다. 이때, 서버는 복수의 사용자 단말들과 네트워크를 통해 통신하여 명령, 코드, 파일, 콘텐츠, 서비스 등을 제공하는 컴퓨터 장치 또는 복수의 컴퓨터 장치들로 구현될 수 있다. 일례로, 생리적 나이 추정 장치(100)는 두 개의 서버에 구비될 수 있으며, 하나의 서버를 통해 생리적 나이 추정 모델에 대한 학습이 이루어지고, 다른 하나의 서버에서는 학습된 알고리즘을 기초로 피검자의 광용적맥파로부터 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다.

[0035] 생리적 나이 추정 장치(100)가 서버에 구비되는 경우, 서버는 네트워크를 통해 접속한 사용자 단말로 어플리케이션의 설치를 위한 파일을 제공할 수 있다. 이 경우, 사용자 단말은 서버로부터 제공받은 파일을 이용하여 어플리케이션을 설치할 수 있다. 또한, 사용자 단말은 사용자 단말이 포함되는 운영체제(Operating system, OS) 및 적어도 하나의 프로그램(일례로 브라우저나 설치된 어플리케이션)의 제어에 따라 서버에 접속하여 서버가 제공하는 서비스나 콘텐츠를 제공받을 수 있다.

[0036] 도 1에 도시된 생리적 나이 추정 장치(100)는 본 실시예의 특징이 흐려지는 것을 방지하기 위하여 본 실시예와 관련된 구성요소들만을 도시한 것이다. 따라서, 도 1에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0037] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 장치(100)는 수신부(110), 프로세서(120), 메모리(130) 및 입출력 인터페이스(140)를 포함할 수 있다.

[0038] 수신부(110)는 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 수신할 수 있다. 여기서 광용적맥파는 광용적맥파 검출센서를 이용하여, 피검자의 신체 내에서 혈관 밀도가 높은 부위인 손가락, 발가락, 귀, 코 등의 인체의 말초 부위에서 측정된 것일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0039] 일 실시예에서, 생리적 나이 추정 장치(100)의 수신부(110)는 광용적맥파 검출센서와 유선으로 연결되어 피검자의 신체부위에서 시계열적으로 측정된 광용적맥파를 제공받을 수 있다. 다른 실시예에서, 수신부(110)는 무선 통신을 이용하는 통신모듈로서 기능하여 광용적맥파 검출센서에서 측정된 광용적맥파를 제공받을 수 있으며, 이때, 수신부(110)는 광용적맥파 검출센서를 포함하는 단말과 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다.

[0040] 프로세서(120)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(130) 또는 수신부(110)에 의해 프로세서(120)로 제공될 수 있다. 예를 들어, 프로세서(120)는 메모리(130)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 수신되는 명령을 실행하도록 구성될 수 있다. 프로세서(120)는 검출부(121), 학습부(122), 판단부(123)를 포함할 수 있으며, 프로세서(120)의 각 구성에 대한 자세한 설명은 도 2 내지 도 4를 참조하여 후술한다.

[0041] 메모리(130)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(130)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드(일례로 사용자 단말에 설치되어 구동되는 브라우저나 상술한 어플리케이션 등을 위한 코드)가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 드라이브 메커니즘(drive mechanism)을 이용하여 메모리(130)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로부터 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 아닌 수신부(110)를 통해 메모리(130)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어 적어도 하나의 프로그램은 개발자들 또는 어플리케이션의 설치 파일을 배포하는 파일 배포 시스템(일례로 상술한 서버)가 네트워크를 통해 제공하는 파일들에 의해 설치되는 프로그램(일례로 상술한 어플리케이션)에 기반하여 메모리(130)에 로딩될 수 있다.

[0042] 입출력 인터페이스(140)는 입출력 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 키보드 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 어플리케이션의 통신 세션을 표시하기 위한 디스플레이와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(140)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다.

[0043] 이하에서는 도 2 내지 도 4를 더 참조하여, 생리적 나이 추정 장치(100)를 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

- [0044] 도 2는 광용적맥파를 복수의 개별 파형으로 분할하는 과정을 설명하기 위한 개념도이며, 도 3은 광용적맥파로부터 추출된 대표 파형을 예시한 도면이며, 도 4는 대표 파형에서 추출된 진행파 및 반사파를 예시한 도면이다.
- [0045] 먼저 도 1과 함께 도 2를 참조하면, 생리적 나이 추정 장치(100)는 검출부(121), 학습부(122) 및 판단부(123)를 포함할 수 있다. 여기서, 생리적 나이 추정 장치(100)는 상기한 구성을 포함하는 하나의 프로세서로 이루어질 수도 있으나, 둘 이상의 프로세서를 이용하여 상기한 구성을 포함할 수도 있다. 예를 들면, 생리적 나이 추정 장치(100)의 학습부(122)는 서버의 프로세서에 포함되고, 판단부(123)는 사용자 단말의 프로세서에 포함될 수 있다. 즉, 생리적 나이 추정 장치(100)는 학습부(122)가 배치되는 서버로 피검자의 광용적맥파를 전달하여 생리적 나이 추정 모델을 학습시키고, 학습된 생리적 나이 추정 모델을 사용자 단말의 판단부(123)로 전달하여 신규로 측정되는 광용적맥파를 기초로 피검자의 생리적 나이를 추정하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0046] 검출부(121)는 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 획득하고, 획득한 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출할 수 있다. 일 실시예에서, 검출부(121)는 획득한 광용적맥파를 복수의 개별 파형으로 분할하고, PPI(pulse to pulse interval)를 기준으로 이상치를 제거한 후, 이상치가 제거된 개별 파형들을 보간하여 파형 데이터를 생성하고, 파형 데이터로부터 중앙(median) 파형을 선별한 다음 중앙 파형을 완곡화(smoothing)하여 하나의 대표 파형으로 추출할 수 있다.
- [0047] 구체적으로, 검출부(121)는 수신부(110)가 광용적맥파를 수신하면, 수신된 광용적맥파를 복수의 개별 파형으로 분할할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파는 혈관에 흐르는 혈액 양의 변화와 관련되는 반복적인 파형(pulse)을 포함한다. 일 실시예에서, 검출부(121)는 광용적맥파를 파형의 시작점(pulse onset)을 기준으로 파형별로 분할하여 복수의 개별 파형을 생성할 수 있다. 여기서, 파형의 시작점은 각 파형의 사이에서 최소값을 갖는 변곡점을 의미한다. 즉, 검출부(121)는 n 번째 파형의 시작점(b_n)을 감지하고 이를 기준으로 광용적맥파를 분할하고, $n+1$ 번째 파형의 시작점(b_{n+1})을 감지하고 이를 기준으로 광용적맥파를 분할할 수 있으며, 파형의 시작점을 기준으로 광용적맥파를 분할하는 과정을 반복함으로써 복수의 개별 파형을 획득할 수 있다. 이때, n 번째 파형의 시작점(b_n)과 $n+1$ 번째 파형의 시작점(b_{n+1}) 사이에 위치한 개별 파형은 n 번째 개별 파형(P_n)으로 분할되며, n 번째 개별 파형(P_n)은 시간축을 따라 연장되는 길이인 PPI(pulse-to-pulse interval)의 길이를 가질 수 있다. 한편, 분할된 각 개별 파형은 서로 다른 PPI 값을 가질 수 있다.
- [0048] 검출부(121)는 분할된 복수의 개별 파형 중에서 PPI 값이 소정의 조건을 만족하는 개별 파형을 선별할 수 있다. 이때, 파형 간 간격에 해당하는 PPI는 인접한 파형의 시작점 사이의 거리로 정의될 수 있다. 검출부(121)는 PPI 값이 정상 범위인 개별 파형만을 선별하고, 정상 범위를 벗어나는 이상치에 해당하는 개별 파형은 제거할 수 있다.
- [0049] 일 실시예에서, PPI 값의 이상치는 사분위수를 이용하여 결정되는 것일 수 있다. 구체적으로, 이상치는 1.5 사분위범위(interquartile range, IQR)의 기준을 적용하여 결정되는 것일 수 있으며, 검출부(121)는 개별 파형의 PPI 값이 제1사분위수-1.5*사분위범위보다 작거나 제3사분위수+1.5*사분위범위보다 큰 값에 해당하는 개별 파형을 이상치로 판단하고 이상치에 해당하지 않는 정상 범위의 개별 파형만을 선별할 수 있다.
- [0050] 검출부(121)는 이상치가 제거된 개별 파형들이 동일한 샘플 수를 갖도록 각각의 개별 파형을 보간할 수 있다. 일 실시예에서, 검출부(121)는 각각의 개별 파형을 보간하여 각 개별 파형들의 길이(시간폭)를 동일하게 할 수 있다. 일례로, 개별 파형의 보간에는 3차 스플라인(cubic spline) 보간법이 이용될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 길이가 동일하도록 보간된 복수의 개별 파형은 파형 데이터를 형성할 수 있다.
- [0051] 검출부(121)는 파형 데이터로부터 중앙 파형을 선별할 수 있다. 여기서 중앙 파형은 파형 데이터의 중앙값(median)을 기초로 선별된 것일 수 있다. 다른 실시예에서, 중앙 파형은 개별 파형의 각 샘플 위치에서 복수의 개별 파형의 중앙값(median)을 취한 후 획득되는 중앙값들의 집합으로 생성되는 것일 수 있다.
- [0052] 검출부(121)는 중앙값(median)으로 얻은 중앙 파형을 완곡화하여 하나의 대표 파형으로 추출할 수 있다. 일 실시예에서, 50ms의 윈도우 크기를 갖는 이동 평균 필터(moving average filter)를 이용하여 중앙 파형을 완곡화할 수 있으나, 이에 한정되지 않으며 윈도우 크기는 임의로 정해질 수 있다.
- [0053] 한편, 검출부(121)는 광용적맥파를 파형의 시작점을 기준으로 분할하기 전에 광용적맥파에서 노이즈를 제거하는 작업을 수행할 수 있다. 일 실시예에서, 검출부(121)는 수신부(110)로부터 광용적맥파를 전달받으면 제1 필터를 이용하여 광용적맥파에 포함된 노이즈를 제거할 수 있다. 여기서, 제1 필터는 FIR(Finite Impulse Response) 밴드패스 필터(band pass filter)일 수 있으며, 예를 들어, 제1 필터는 0.5~10Hz의 통과 대역을 갖는 FIR 밴드패

스 필터일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 또한, 검출부(121)는 광용적맥파를 파형의 시작점을 기준으로 분할하기 전에, 노이즈가 제거된 광용적맥파를 완곡화하는 작업을 수행할 수 있다. 일 실시예에서, 검출부(121)는 제1 필터를 통과한 광용적맥파에 제2 필터를 적용하여 파형을 완곡화할 수 있다. 여기서, 제2 필터는 이동 평균화 필터(moving average filter)일 수 있으며, 윈도우의 길이는 50ms일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0055] 한편, 검출부(121)는 대표 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징(feature)을 추출할 수 있다. 도 3 및 도 4를 참조하면, 광용적맥파로부터 추출된 대표 파형(W0)은 진행파(W1) 및 반사파(W2)의 중첩파(W3)로 근사될 수 있다.

[0056] 광용적맥파는 심장에서 출발하여 신체 말단부로 향하는 진행파와 말단부에서 다시 되돌아오는 반사파의 중첩으로 구성된다. 따라서, 검출부(121)는 가우시안 혼합 모델(Gaussian mixture model, GMM)을 이용하여 대표 파형(W0)을 분해함으로써 진행파(W1) 및 반사파(W2)를 획득할 수 있으며, 진행파(W1)와 반사파(W2)의 합인 중첩파(W3)를 획득할 수 있다.

[0057] 검출부(121)는 대표 파형(W0), 진행파(W1), 반사파(W2) 및 중첩파(W3) 각각으로부터 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징을 추출할 수 있으며, 일 실시예에서 추출된 특징들은 표 1과 같다.

표 1

	종류	특징(feature)
1	대표 파형(W0)	Amp _{sys}
2		Amp _{dia}
3		RT _{sys}
4		RT _{dia}
5		PW _{PPG}
6		Area _{PPG}
7		Skew _{PPG}
8		Kur _{PPG}
9	진행파(W1)	Amp _{inc}
10		RT _{inc}
11		PW _{inc}
12		Area _{inc}
13		Skew _{inc}
14		Kur _{inc}
15	반사파(W2)	Amp _{ref}
16		RT _{ref}
17		PW _{ref}
18		Area _{ref}
19		Skew _{ref}
20		Kur _{ref}
21	중첩파(W3)	Area _{rPPG}
22		Skew _{rPPG}
23		Kur _{rPPG}

24	중첩구간	$Amp_{overlap}$
25		$Area_{overlap}$
26		$Time_{overlap}$

여기서 Amp는 진폭, RT는 상승시간, PW는 펄스폭, Area는 면적, Skew는 왜도(skewness), Kur는 첨도(Kurtosis)를 나타내며, 아래첨자의 sys는 수축기, dia는 이완기, PPG는 대표 파형, inc는 진행파, ref는 반사파, rPPG는 중첩파, overlap은 중첩구간을 의미한다.

표 1에 기재된 특징들은 대표 파형(W0), 진행파(W1), 반사파(W2) 및 중첩파(W3)로부터 추출 가능한 특징의 예시일 뿐, 이에 한정되지 않는다.

한편, 대표 파형(W0), 진행파(W1), 반사파(W2) 및 중첩파(W3)로부터 추출된 26개의 상기한 기본 특징들로부터 피검자의 생리적 나이와 연관된 52개의 조합 특징(combined feature)을 추출할 수 있으며, 추출된 조합 특징은 표 2와 같다.

표 2

Domain	Feature	Combined Feature
Spatial	Amp_{sys}	Amp_{inc}/Amp_{ref}
	Amp_{dia}	Amp_{inc}/Amp_{ref}
	Amp_{inc}	$Area_{inc}/Area_{ref}$
	Amp_{ref}	Amp_{sys}/Amp_{inc}
	$Amp_{overlap}$	Amp_{sys}/Amp_{ref}
Temporal	RT_{sys}	$RT_{inc}/PW_{PPG}, RT_{ref}/PW_{PPG},$
	RT_{dia}	$PW_{inc}/PW_{PPG}, PW_{ref}/PW_{PPG},$
	PW_{PPG}	$RT_{inc}/PW_{inc}, RT_{ref}/PW_{inc},$
	$Time_{overlap}$	$RT_{inc}/PW_{ref}, RT_{ref}/PW_{ref}$
	RT_{inc}	$RT_{inc}/RT_{ref}, RT_{ref}/RT_{inc}$
	RT_{ref}	$PW_{PPG}/PW_{inc}, PW_{PPG}/PW_{ref}$
	PW_{inc}	PW_{ref}/PW_{inc}
	PW_{ref}	
Spatio-temporal	$Area_{PPG}$	$Amp_{inc}/Area_{PPG}, Area_{inc}/Area_{PPG},$
	$Area_{ref}$	$Amp_{ref}/Area_{PPG}, Area_{ref}/Area_{PPG},$
	$Area_{inc}$	$Amp_{inc}/Area_{inc}, Amp_{ref}/Area_{inc}, Area_{ref}/Area_{inc},$
	$Area_{ref}$	$Amp_{inc}/Area_{ref}, Amp_{ref}/Area_{ref}, Amp_{inc}/RT_{inc},$
	$Area_{overlap}$	$Amp_{inc}/PW_{inc}, Amp_{inc}/RT_{ref}, Amp_{inc}/PW_{ref},$
	$Skew_{PPG}$	$Amp_{inc}/PW_{PPG}, Area_{inc}/RT_{inc}, Area_{inc}/PW_{inc},$
	$Skew_{PPG}$	$Area_{inc}/RT_{ref}, Area_{inc}/PW_{ref}, Area_{inc}/PW_{PPG},$
	$Skew_{inc}$	$PW_{ref}/RT_{inc}, PW_{ref}/PW_{inc}, Amp_{ref}/RT_{ref},$
	$Skew_{ref}$	$Amp_{ref}/PW_{ref}, Amp_{ref}/PW_{PPG}, Area_{ref}/RT_{inc},$
	Kur_{PPG}	$Area_{inc}/PW_{inc}, Area_{inc}/RT_{ref}, Area_{inc}/PW_{ref},$
	Kur_{PPG}	$Area_{ref}/PW_{PPG}, Area_{PPG}/RT_{inc}, Area_{PPG}/PW_{inc},$
	Kur_{inc}	$Area_{PPG}/RT_{ref}, Area_{PPG}/PW_{ref}, Area_{PPG}/PW_{PPG}$
	Kur_{ref}	

조합 특징은 기본 특징들의 비율, 차이로부터 획득될 수 있다. 표 2에는 대표 파형(W0), 진행파(W1), 반사파(W2) 및 중첩파(W3)로부터 추출되는 기본 특징들(features) 및 조합 특징들(combined features)이 기재되어 있으며, 각 특징들을 영역(domain)별로 분류하여 기재하였다.

진폭(Amp) 및 진폭들로부터 도출되는 조합 특징은 공간적(spatial) 특징에 해당하며, 상승시간(RT), 펄스폭(PW) 및 이로부터 도출되는 조합 특징은 시간적(temporal) 특징에 해당하고, 진폭(Amp), 면적(Area), 상승시간(RT), 펄스폭(PW) 및 이로부터 도출되는 조합 특징, 왜도(Skew), 첨도(Kurtosis)는 시공간적(Spatio-temporal) 특징에 해당한다.

한편 다른 실시예에서, 검출부(121)는 대표 파형이 아닌 광용적맥파에서 분할된 복수의 개별 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징(feature)을 추출할 수도 있다. 즉, 검출부(121)는 복수의 개별 파형 각각을 진행파 및 반사파로 분해하고 각각의 개별 파형마다 획득된 진행파, 반사파, 중첩파, 개별 파형을 기

초로 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징을 추출할 수 있다.

- [0066] 학습부(122)는 대표 파형을 기초로 생리적 나이 추정 모델을 학습할 수 있다. 일 실시예에서, 생리적 나이는 혈관의 탄성 계수를 나이로 환산한 것으로 혈관의 탄력성이 떨어지는 혈관의 노화 정도를 나타내는 것일 수 있다. 생리적 나이 추정 모델은 혈관의 상태를 기초로 추정되는 피검자의 생리적 나이를 판독하기 위한 학습 모델일 수 있다.
- [0067] 학습부(122)는 딥러닝(Deep learning) 또는 인공지능 기반으로 생리적 나이 추정 모델을 학습하며, 딥러닝은 여러 비선형 변환기법의 조합을 통해 높은 수준의 추상화(abstractions, 다량의 데이터나 복잡한 자료들 속에서 핵심적인 내용 또는 기능을 요약하는 작업)을 시도하는 기계학습 알고리즘의 집합으로 정의된다. 딥 러닝 모델은 다층의 네트워크로 이루어진 심층 신경망에서 다량의 데이터를 학습시킴으로써 대표 파형의 특징(feature)을 자동으로 학습하고, 이를 통해 목적 함수, 즉 생리적 나이 추정 정확도의 에러(error)를 최소화시키는 방법으로 네트워크를 학습시켜 나아가는 형태이다.
- [0068] 학습부(122)는 딥러닝의 모델 중 예컨대 심층 신경망(Deep Neural Networks, DNN), 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Networks, CNN), 순환 신경망(Reccurent Neural Network, RNN) 및 심층 신뢰 신경망(Deep Belief Networks, DBN) 중 어느 하나를 이용한 것일 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여 CNN 기반 인공신경망 모델을 이용하는 것을 예시적으로 설명하나, 본 발명은 이에 제한되지 않고 다양한 기계학습 모델을 이용할 수 있다.
- [0069] 컨볼루션 신경망(CNN)은 최소한의 전처리(preprocess)를 사용하도록 설계된 다계층 퍼셉트론(multilayer perceptrons)의 한 종류이다. 컨볼루션 신경망(CNN)은 입력 데이터에 대하여 컨볼루션을 수행하는 컨볼루션 계층을 포함하며, 그리고 영상에 대해 서브샘플링(subsampling)을 수행하는 서브샘플링 계층을 더 포함하여, 해당 데이터로부터 특징맵을 추출할 수 있다. 여기서, 서브샘플링 계층이란 이웃하고 있는 데이터 간의 대비율(contrast)을 높이고 처리해야 할 데이터의 양을 줄여주는 계층으로서, 최대 풀링(max pooling), 평균 풀링(average pooling) 등이 이용될 수 있다.
- [0070] 컨볼루션 계층 각각은 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(Leacky ReLU) 등이 사용될 수 있다.
- [0071] 한편 다른 실시예에서, 학습부(122)는 대표 파형으로부터 추출된 복수의 특징을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 생리적 나이 추정 모델을 학습할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 학습부(122)는 대표 파형 및 복수의 특징을 모두 이용하여 생리적 나이 추정 모델을 학습할 수도 있다.
- [0072] 즉, 생리적 나이 추정 모델은 대표 파형만을 학습하여 생리적 나이 추정 모델을 구축할 수도 있으나, 추정의 정확도를 높이기 위하여 대표 파형으로부터 추출되는 복수의 특징을 추가 학습 데이터로 이용하여 생리적 나이 추정 모델을 구축할 수도 있다.
- [0073] 또 다른 실시예로, 생리적 나이 추정 모델은 대표 파형으로부터 추출되는 복수의 특징만을 학습하여 생리적 나이 추정 모델을 구축할 수도 있고, 복수의 개별 파형으로부터 추출되는 복수의 특징들을 학습하여 생리적 나이 추정 모델을 구축할 수도 있다.
- [0074] 일 실시예에서, 학습부(122)가 복수의 특징을 이용하여 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 실시예의 경우, 학습부(122)는 앙상블 트리 기반의 회귀 모델인 Extreme Gradient Boosting(XGBoost)을 이용하여 생리적 나이 추정 모델을 학습할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0075] 판단부(123)는 학습된 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다. 일 실시예에서, 판단부(123)는 피검자의 광용적맥파에서 추출된 대표 파형 및 학습된 생리적 나이 추정 모델을 기초로 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다. 구체적으로, 판단부(123)는 대표 파형을 학습된 생리적 나이 추정 모델에 입력하여 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있으며, 추정된 피검자의 생리적 나이를 결과로 출력하여 제공할 수 있다.
- [0076] 다른 실시예에서, 판단부(123)는 피검자의 생리적 나이 추정에 대표 파형으로부터 추출된 복수의 특징을 이용할 수도 있다. 또 다른 실시예에서, 판단부(123)는 광용적맥파로부터 분할된 복수의 개별 파형으로부터 추출된 복수의 특징을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정할 수도 있다.

- [0077] 한편, 생리적 나이 추정 장치(100)는 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 도출된 피검자의 생리적 나이 추정 결과에 대한 피드백을 제공받고, 이에 대한 피드백 데이터를 생성하여 학습부(122)로 제공할 수 있다. 학습부(122)는 상기한 피드백 데이터를 이용하여 생리적 나이 추정 모델을 재학습할 수 있으며, 이를 통해 보다 정확한 추정 결과를 도출할 수 있다.
- [0078] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0079] 도 5를 참조하면, 생리적 나이 추정 방법은 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 수신하는 단계(S100), 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 단계(S200) 및 대표 파형과 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하는 단계(S300)를 포함하며, 대표 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0080] 생리적 나이 추정 방법은 먼저, 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 수신한다(S100). 생리적 나이 추정 장치(100)는 수신부(110)에 의해 피검자의 신체부위에서 측정된 광용적맥파를 수신할 수 있다.
- [0081] 다음, 선택적으로 생리적 나이 추정 장치(100)의 검출부(121)는 수신된 광용적맥파를 제공받아 노이즈 제거 단계 및 완곡화 단계를 수행할 수 있다. 검출부(121)는 제1 필터를 이용하여 수신된 광용적맥파에서 노이즈를 제거할 수 있다. 또한, 검출부(121)는 제2 필터를 이용하여 노이즈가 제거된 광용적맥파를 완곡화할 수 있다.
- [0082] 다음, 생리적 나이 추정 장치(100)는 검출부(121)에 의해 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출할 수 있다(S200). 일 실시예에서, 대표 파형은 각 샘플 위치에서 개별 파형들의 중앙값(median)을 추출하여 획득되는 것일 수 있다.
- [0083] 다음, 선택적으로 생리적 나이 추정 방법은 추출된 대표 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 생리적 나이 추정 모델을 학습한다. 일 실시예에서, 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계는 학습부(122)에 의해 피검자의 광용적맥파에서 추출된 대표 파형을 기초로 생리적 나이 추정 모델을 학습한다.
- [0084] 다른 실시예에서, 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계는 대표 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징을 추출하는 단계 및 추출된 복수의 특징을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하는 단계를 포함할 수 있다. 즉, 검출부(121)에 의해 대표 파형에서 생리적 나이와 연관도가 높은 복수의 특징을 추출하고, 학습부(122)는 추출된 복수의 특징을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하도록 생리적 나이 추정 모델을 학습할 수 있다.
- [0085] 또 다른 실시예에서, 생리적 나이 추정 모델을 학습하는 단계는 복수의 개별 파형을 이용하여 피검자의 생리적 나이와 연관된 복수의 특징을 추출하는 단계 및 추출된 복수의 특징을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0086] 다음, 추출된 대표 파형 및 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정한다(S300). 일 실시예로, 판단부(123)는 미리 학습된 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 대표 파형을 기초로 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다. 다른 실시예로, 판단부(123)는 미리 학습된 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 특징값을 기초로 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다.
- [0087] 도 6은 도 5의 대표 파형을 추출하는 단계(S200)의 일 실시예를 도시한 것으로서, 광용적맥파에 포함된 복수의 개별 파형으로부터 대표 파형을 추출하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0088] 도 6을 참조하면, 대표 파형을 추출하는 단계(S200)는 수신된 광용적맥파를 복수의 개별 파형으로 분할하는 단계(S210), PPI(pulse-to-pulse interval)를 기준으로 복수의 개별 파형 중 이상치를 제거하는 단계(S220), 이상치가 제거된 개별 파형들을 보간하여 파형 데이터를 생성하는 단계(S230), 파형 데이터로부터 중앙 파형을 선별하는 단계(S240) 및 중앙 파형을 완곡화하여 하나의 대표 파형으로 추출하는 단계(S250)를 포함한다.
- [0089] 대표 파형을 추출하는 단계(S200)는 먼저, 수신된 광용적맥파를 복수의 개별 파형으로 분리한다(S210). 검출부(121)는 수신된 광용적맥파의 파형의 시작점을 검출하고, 파형의 시작점을 기준으로 광용적맥파를 파형별로 분할할 수 있다. 분할된 광용적맥파들은 복수의 개별 파형을 구성한다.
- [0090] 다음, 복수의 개별 파형에서 PPI를 기준으로 이상치를 제거한다(S220). 일 실시예에서, 이상치는 PPI 값의 사분위수를 이용하여 결정되는 것일 수 있다. 구체적으로, 단계 S220에서 제거되는 이상치는 PPI 값이 제1사분위수-1.5*사분위범위보다 작거나 제3사분위수+1.5*사분위범위보다 큰 값을 갖는 개별 파형일 수 있다.
- [0091] 다음, 이상치가 제거된 개별 파형들을 보간하여 파형 데이터를 생성한다(S230). 파형의 시작점을 기준으로 분할

된 개별 파형들은 서로 다른 길이(시간폭)를 갖는다. 따라서, 검출부(121)는 이상치가 제거된 복수의 개별 파형이 같은 길이를 갖도록 각 개별 파형들을 보간한다. 일 실시예에서, 개별 파형의 보간에는 3차 스플라인(cubic spline) 보간법이 이용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 보간된 개별 파형들은 모두 같은 길이를 가지며, 파형 데이터를 구성한다.

[0092] 다음, 파형 데이터로부터 중앙 파형을 선별한다(S240). 검출부(121)는 각 샘플 위치에서 파형 데이터의 중앙값(median)을 취하여 중앙 파형으로 선별할 수 있다.

[0093] 다음, 선별된 중앙 파형을 완곡화하여 하나의 대표 파형을 추출한다(S250). 일 실시예에서, 검출부(121)는 50ms의 윈도우 크기를 갖는 이동 평균 필터(moving average filter)를 이용하여 중앙 파형을 완곡화할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 선별된 하나의 대표 파형은 생리적 나이 추정 모델의 학습에 이용될 수 있으며, 또는 학습된 생리적 나이 추정 모델과 함께 생리적 나이 추정에 이용될 수 있다.

[0094] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 모델의 예시도이다.

[0095] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 생리적 나이 추정 모델은 CNN 기반 인공신경망 모델로 두개의 1차원 컨볼루션 계층(convolution layer) 및 1024개의 노드(node) 및 0.2 드롭아웃(dropout) 비율을 가진 두개의 완전 연결 계층(fully connected layer)을 포함하도록 구성된다.

[0096] 입력 레이어(input layer)는 정규화된 대표 파형(R)으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 입력 레이어는 144x1 행렬로 구성될 수 있으며, 여기서 144는 시간 샘플 수이고, 1은 단일 채널을 의미한다.

[0097] 각각의 컨볼루션 계층은 서로 다른 수의 필터가 사용될 수 있다. 예를 들어, 첫번째, 두번째 레이어에 각각 16개 및 32개의 필터가 사용될 수 있다. 또한, 비선형 활성화 함수로 ReLU 함수가 모든 레이어에 사용될 수 있다.

[0098] 생리적 나이 추정 모델은 평균 제곱 오차(mean square error, MSE)를 손실 함수(loss function)으로, Adam 옵티마이저(optimizer)를 최적화 알고리즘으로 채택하여 지도 학습 방식을 사용하여 학습될 수 있다. 상기와 같이 학습된 생리적 나이 추정 모델의 생리적 나이 추정 성능은 평균 절대 오차(mean absolute error), 평균 제곱근 오차(root-mean-squared error), Pearson 상관 계수, 결정 계수 및 Bland-Altman 분석을 이용하여 정량적으로 평가될 수 있다.

[0099] 전술한 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 생리적 나이 추정 방법 및 장치는 광용적맥파를 이용하여 비침습적인 방법으로 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있으며, 딥러닝 또는 인공지능 기반으로 학습된 생리적 나이 추정 모델을 이용하여 피검자의 생리적 나이를 추정하게 되므로, 높은 정확도로 피검자의 생리적 나이를 추정할 수 있다.

[0100] 또한, 본 발명의 실시예들은 광용적맥파의 대표 파형을 그대로 생리적 나이 추정에 이용함으로써, 데이터의 처리가 간편하게 되고, 특징값 검출 연산으로 인한 오차를 배제할 수 있으며, 더욱 신뢰도가 높은 생리적 나이 추정값을 획득할 수 있게 된다.

[0101] 본 실시예들은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈과 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 매커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

[0102] 또한, 본 명세서에서, "부"는 프로세서 또는 회로와 같은 하드웨어 구성(hardware component), 및/또는 프로세서와 같은 하드웨어 구성에 의해 실행되는 소프트웨어 구성(software component)일 수 있다.

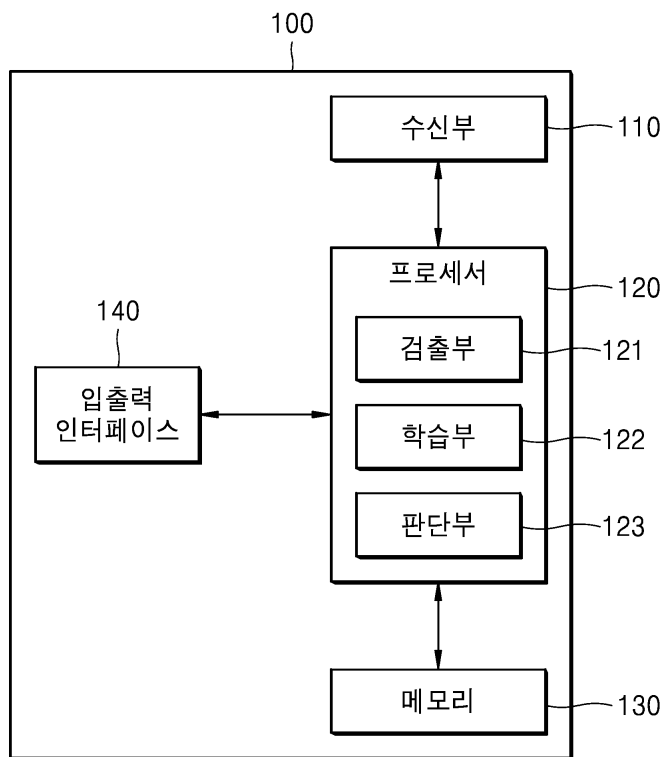
[0103] 이와 같이 본 발명은 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 하여 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 실시예의 변형이 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

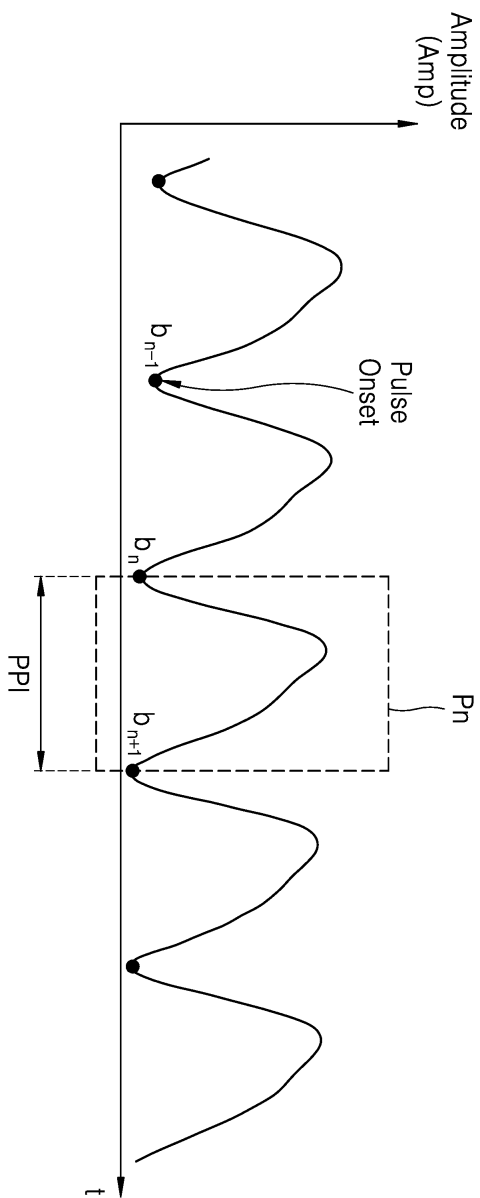
- [0104]
- 100 : 생리적 나이 추정 장치
 - 110 : 수신부
 - 120 : 프로세서
 - 121 : 검출부
 - 122 : 학습부
 - 123 : 판단부
 - 130 : 메모리
 - 140 : 입출력 인터페이스

도면

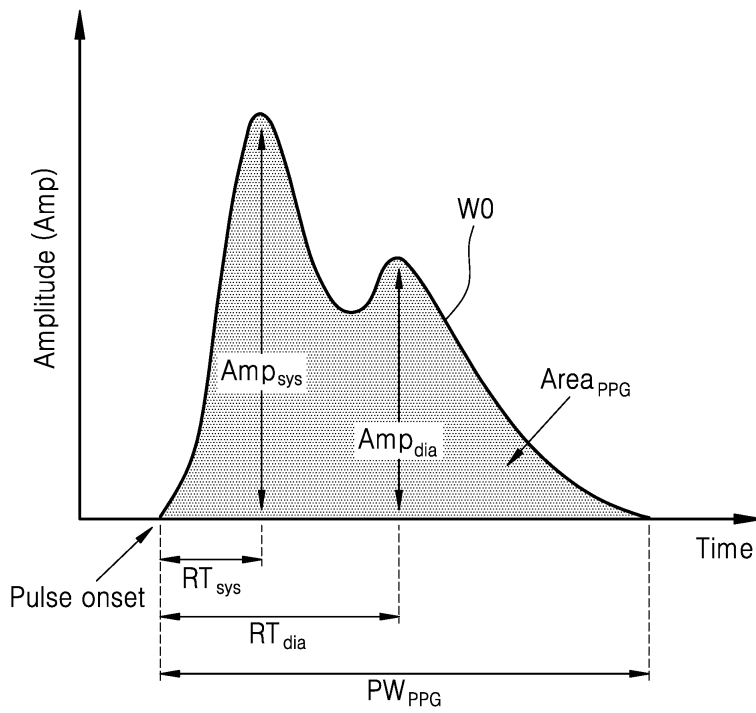
도면1



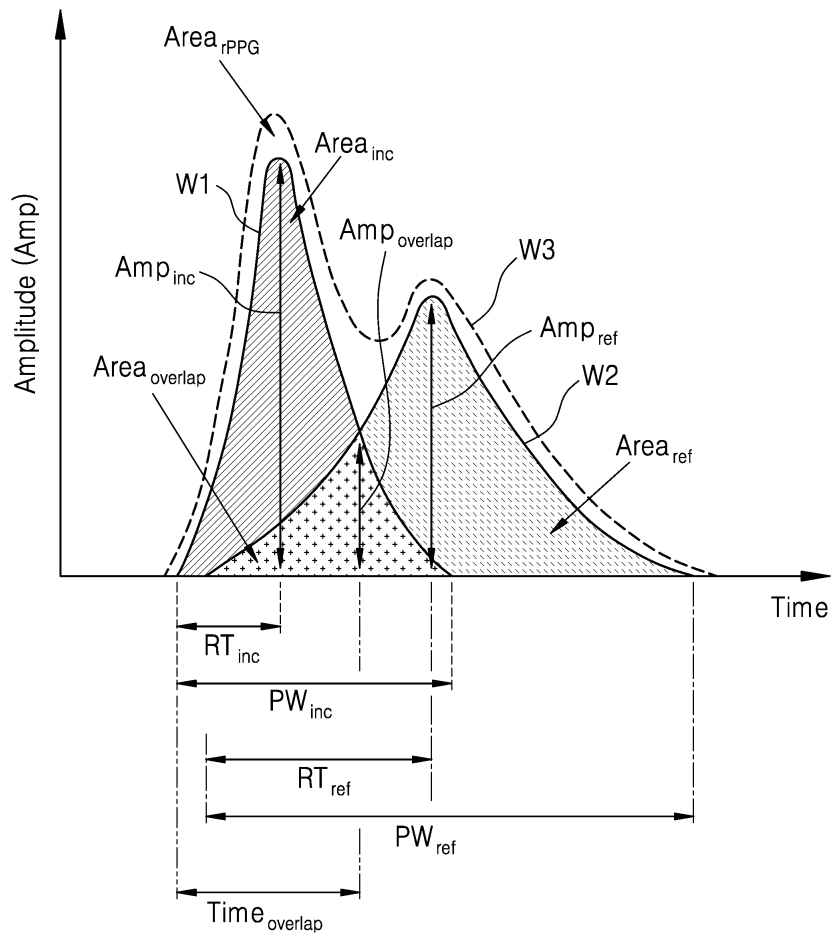
도면2



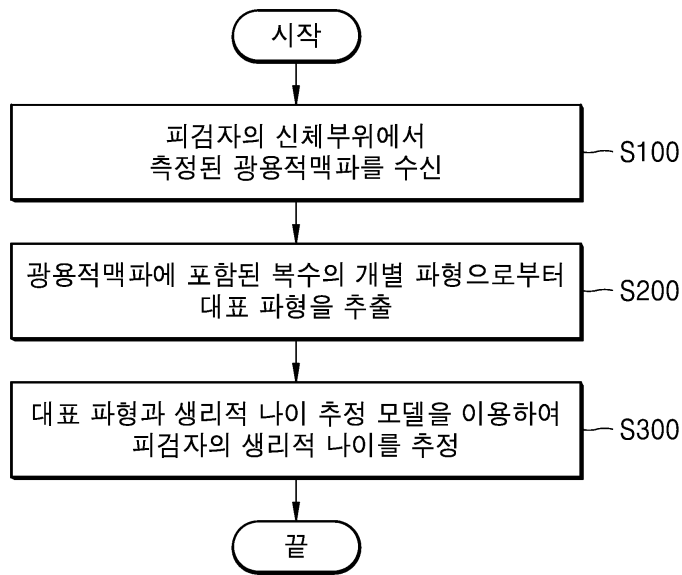
도면3



도면4



도면5



도면6

