



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0076241
(43) 공개일자 2024년05월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) A61B 5/024 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/7203 (2013.01)
A61B 5/0033 (2018.08)
(21) 출원번호 10-2022-0158576
(22) 출원일자 2022년11월23일
심사청구일자 2022년11월23일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
우지환
울산광역시 울주군 언양읍 북문11길 9, 108동 30
1호 (신울산 경남아너스빌)
주효성
울산광역시 동구 진성6길 86, 401호 (전하동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종선, 이형석

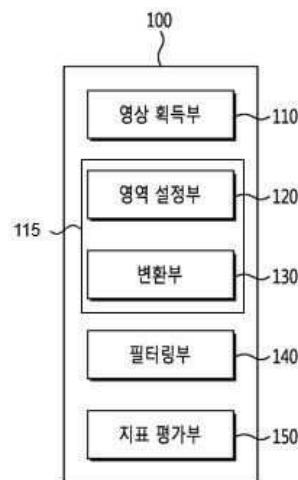
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 비접촉식 맥박 신호 측정 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명의 맥박 신호 측정 장치는 비접촉식으로 영상 데이터를 획득하는 획득부, 획득한 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정하고, 관심 영역이 설정된 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산 처리하여 맥박 신호를 추출하는 신호 추출부 및, 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행하는 필터링부를 포함한다. 이에 의해, 본 발명은 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거함으로써 개선된 맥박 신호를 획득할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/02416 (2013.01)

A61B 5/7225 (2021.01)

G06N 20/00 (2021.08)

(72) 발명자

김혜정

부산광역시 기장군 정관읍 정관5로 144, 109동
1501호 (정관 양우내안愛)

조형욱

울산광역시 울주군 범서읍 점촌5길 16, 503호 (서
영골든맨션)

이지원

부산광역시 동래구 사직북로5번길 42-4 (사직동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711165604
과제번호	2020R1A2C2003319
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	언어 BCI를 위한 뇌 신호 해독 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

비접촉식으로 영상 데이터를 획득하는 획득부;

획득한 상기 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정하고, 관심 영역이 설정된 상기 영상 데이터에 대하여 피부 색 신호를 계산 처리하여 맥박 신호를 추출하는 신호 추출부; 및,

상기 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행하는 필터링부;를 포함하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 맥박 신호를 분석하여 심박 지표 평가를 수행하는 지표평가부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 필터링부는,

상기 맥박 신호의 주파수를 복수 개의 좁은 대역의 주파수로 분해하는 주파수 분해부;

상기 주파수 대역 별로 주파수 대역 평가 지표를 생성하여 평가하는 주파수 대역 평가부; 및,

상기 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성하는 신호 합성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 주파수 대역 평가부는,

주파수 대역별로 상기 맥박 신호의 특징을 표현하는 특징점을 계산하고, 상기 특징점을 조합하여 주파수 대역 평가 지표를 생성하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 특징점은,

공간적 일치도, 색차 특성 일치도, 자기 상관성, 주파수 확산도 및 주파수 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 주파수 대역 평가부는,

상기 주파수 대역별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성하는 것을 특징으로 하는 맥박 신호 측정 장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 주파수 대역 평가부는,

상기 주파수 대역별 특징점을 입력으로 하고 상기 주파수 대역 평가 지표를 출력으로 하는 머신러닝 알고리즘을 학습하여 조합하는 것을 특징으로 하는 맥박 신호 측정 장치.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 신호 합성부는,

상기 주파수 대역별 맥박 신호를 상기 주파수 대역 평가 지표와 복수 개의 상기 좁은 대역의 주파수에 대해 가중 평균하여 상기 맥박 신호를 합성하는 것을 특징으로 하는 맥박 신호 측정 장치.

청구항 9

비접촉 맥박 신호 측정 장치가,

비접촉식으로 영상 데이터를 획득하는 단계;

획득한 상기 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정하고, 관심 영역이 설정된 상기 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산 처리하여 맥박 신호를 추출하는 단계; 및,

상기 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행하는 단계;를 포함하는 비접촉식 맥박 신호 측정 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 맥박 신호를 분석하여 심박 지표 평가를 수행하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 필터링을 수행하는 단계는,

상기 맥박 신호의 주파수를 복수 개의 좁은 대역의 주파수로 분해하는 주파수 분해 단계;

상기 주파수 대역 별로 주파수 대역 평가 지표를 생성하여 평가하는 주파수 대역 평가 단계; 및,

상기 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성하는 신호 합성 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 주파수 대역 평가 단계는,

주파수 대역별로 상기 맥박 신호의 특징을 표현하는 특징점을 계산하고, 상기 특징점을 조합하여 주파수 대역 평가 지표를 생성하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 특징점은,

공간적 일치도, 색차 특성 일치도, 자기 상관성, 주파수 확산도 및 주파수 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 비접촉식 맥박 신호 측정 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 주파수 대역 평가 단계는,

상기 주파수 대역별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성하는 것을 특징으로 하는 맥박 신호 측정 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 주파수 대역 평가 단계는,

상기 주파수 대역별 특징점을 입력으로 하고 상기 주파수 대역 평가 지표를 출력으로 하는 머신러닝 알고리즘을 학습하여 조합하는 것을 특징으로 하는 맥박 신호 측정 방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 신호 합성 단계는,

상기 주파수 대역별 맥박 신호를 상기 주파수 대역 평가 지표와 복수 개의 상기 좁은 대역의 주파수에 대해 가중 평균하여 상기 맥박 신호를 합성하는 것을 특징으로 하는 맥박 신호 측정 방법.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 비접촉식 맥박 신호 측정 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 특히, 필터 बैं크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거함으로써 개선된 맥박 신호를 획득하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 심박수, 심박 변이도, 동맥 산소 포화도, 혈압, 맥파 전달 시간 등은 인체의 생리학적 상태를 진단하고 추적하는 주요한 생체 지표로서, 맥박 신호로부터 측정될 수 있다.

[0003] 맥박 신호의 모니터링을 위해 의료 현장에서 일반적으로 사용되는 방법으로는 손가락 끝이나 귀 등에 맥박 산소 측정기(pulse oximeter)라 불리는 광센서를 부착하여 심박수와 산소 포화도를 측정하는 광혈류 측정법(Photoplethysmography; PPG)이 있다. 이러한 방법은 신체 일부에 광센서를 접촉하여 그 상태가 유지되어야 하므로 일상생활에서 측정하는 데에는 불편함을 초래한다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해, 원거리 광혈류 측정법(remote PPG; 이하 'rPPG'라 함)이 개발되고 있다. rPPG는 상용 수준의 카메라로부터 측정된 영상을 이용하여 심장 박동으로 인한 얼굴 피부색의 변화를 감지해 심장 활동을 추정하는 기술이다. 해당 기술은 센서 부착이 어려운 신생아의 심장 모니터링, 운전자 모니터링 등 다양한 분야에서 활용가능성을 인정받고 있다.

[0005] 그러나, rPPG 기술은 육안으로도 확인하기 어려운 매우 미세한 얼굴 색 변화를 측정하기 때문에 주변 광 및 대상체의 움직임으로 인해 발생하는 노이즈로 인한 문제점이 있다.

[0006] 따라서, rPPG 기술 상용화의 핵심 경쟁력인 카메라로부터 측정된 영상으로부터 노이즈를 제거하고 심장 박동과 관련된 신호만을 추출하는 방법에 대한 연구 및 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌**특허문헌**

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2273898호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 필터 뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거함으로써 개선된 맥박 신호를 획득하는 비접촉식 맥박 신호 측정 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 맥박 신호 측정 장치는, 비접촉식으로 영상 데이터를 획득하는 획득부; 획득한 상기 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정하는 영역설정부; 상기 관심 영역이 설정된 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산하고 처리하여 맥박 신호로 변환하는 변환부; 및, 상기 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행하는 필터링부;를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 맥박 신호를 분석하여 심박 지표 평가를 수행하는 지표평가부;를 더 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 필터링부는, 상기 맥박 신호의 주파수를 복수 개의 좁은 대역의 주파수로 분해하는 주파수 분해부; 상기 주파수 대역 별로 주파수 대역 평가 지표를 생성하여 평가하는 주파수 대역 평가부; 및, 상기 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성하는 신호 합성부;를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 주파수 대역 평가부는, 주파수 대역별로 상기 맥박 신호의 특징을 표현하는 특징점을 계산하고, 상기 특징점을 조합하여 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0013] 실시예에서, 상기 특징점은, 공간적 일치도, 색차 특성 일치도, 자기 상관성, 주파수 확신도 및 주파수 밀도를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 주파수 대역 평가부는, 상기 주파수 대역별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 주파수 대역 평가부는, 상기 주파수 대역별 특징점을 입력으로 하고 상기 주파수 대역 평가 지표를 출력으로 하는 머신러닝 알고리즘을 학습하여 조합할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 신호 합성부는, 상기 주파수 대역별 맥박 신호를 상기 주파수 대역 평가 지표와 복수 개의 상기 좁은 대역의 주파수에 대해 가중 평균하여 상기 맥박 신호를 합성할 수 있다.

[0017] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 맥박 신호 측정 방법은 비접촉 맥박 신호 측정 장치가, 비접촉식으로 영상 데이터를 획득하는 단계; 획득한 상기 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정하는 단계; 상기 관심 영역이 설정된 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산하고 처리하여 맥박 신호로 변환하는 단계; 및, 상기 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 맥박 신호를 분석하여 심박 지표 평가를 수행하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 필터링을 수행하는 단계는, 상기 맥박 신호의 주파수를 복수 개의 좁은 대역의 주파수로 분해하는 주파수 분해 단계; 상기 주파수 대역 별로 주파수 대역 평가 지표를 생성하여 평가하는 주파수 대역 평가 단계; 및, 상기 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성하는 신호 합성 단계;를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 주파수 대역 평가 단계는, 주파수 대역별로 상기 맥박 신호의 특징을 표현하는 특징점을 계산하고, 상기 특징점을 조합하여 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0021] 실시예에서, 상기 특징점은, 공간적 일치도, 색차 특성 일치도, 자기 상관성, 주파수 확신도 및 주파수 밀도를 포함할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 주파수 대역 평가 단계는, 상기 주파수 대역별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 주파수 대역 평가 단계는, 상기 주파수 대역별 특징점을 입력으로 하고 상기 주파수 대역 평가 지표

를 출력으로 하는 머신러닝 알고리즘을 학습하여 조합할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 신호 합성 단계는, 상기 주파수 대역별 맥박 신호를 상기 주파수 대역 평가 지표와 복수 개의 상기 좁은 대역의 주파수에 대해 가중 평균하여 상기 맥박 신호를 합성할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 상기와 같은 본 발명에 따른 비접촉식 맥박 신호 측정 장치 및 그 방법은 필터 बैं크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거함으로써 개선된 맥박 신호를 획득할 수 있다.

[0026] 나아가, 개선된 맥박 신호를 이용하여 심박 변이도 및 맥파 전달 시간 측정시 정확도가 향상될 수 있다.

[0027] 더불어, 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 맥박 신호의 불확실성을 평가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉식 맥박 신호 측정 장치의 구성을 간략하게 나타내는 블록도이다.

도 2는 도 1의 필터링부의 구성을 구체적으로 나타내는 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉식 맥박 신호 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4는 도 3의 신호 변환 방법을 설명하기 위한 그래프이다.

도 5는 도 3의 신호 필터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 도 5의 신호 필터링 방법 중 특징점을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 대역 평가 지표를 나타내는 예시도이다.

도 8은 본 발명에 의해 개선된 맥박 신호를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에서 본 발명의 기술적 사상을 명확화하기 위하여 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하도록 한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성요소에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 도면들 중 실질적으로 동일한 기능구성을 갖는 구성요소들에 대하여는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 동일한 참조번호 및 부호들을 부여하였다. 설명의 편의를 위하여 필요한 경우에는 장치와 방법을 함께 서술하도록 한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉식 맥박 신호 측정 장치의 구성을 간략하게 나타내는 블록도이다.

[0031] 도 1을 참조하면, 비접촉식 맥박 신호 측정 장치(100)는 영상 획득부(110), 신호 추출부(115), 필터링부(140) 및 지표 평가부(150)를 포함할 수 있다.

[0032] 영상 획득부(110)는 비접촉식으로 영상 데이터를 획득할 수 있다. 여기서, 영상 데이터는 RGB, 적외선, 열화상 카메라 등으로부터 획득된 동영상 형식의 복수의 시계열적 이미지 데이터를 의미할 수 있다. 예를 들면, RGB 카메라로부터 획득된 영상 데이터는 H(이미지 높이) X W(이미지 너비) X 3(RGB 채널) X T(프레임 수)의 데이터 크기를 가지는 이미지 데이터일 수 있다.

[0033] 신호 추출부(115)는 획득한 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정하고, 관심 영역이 설정된 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산 처리하여 맥박 신호를 추출할 수 있다.

[0034] 이러한 신호 추출부(115)는 영역 설정부(120) 및 변환부(130)를 포함할 수 있다.

[0035] 영역 설정부(120)는 획득한 영상 데이터에 대하여 관심 영역을 설정할 수 있다. 즉, 영상 설정부(120)는 영상 데이터에 기초하여 혈류에 의해 피부색 변화가 나타나는 관심 영역을 설정할 수 있다. 이때, 영역 설정부(120)는 랜드마크 예측방법 및 피부 세분화 방법 등의 피부색 변화에 따른 영역 추정 알고리즘을 이용하여 관심 영역을 설정할 수 있다. 여기서 피부색 변화는 얼굴, 손목 등의 신체 부위의 영상 이미지에서 검출될 수 있다. 실시예에서, 영역 설정부(120)는 얼굴 전체 또는 이마 및 볼 등의 일부분이 관심 영역으로 설정될 수 있다.

[0036] 변환부(130)는 관심 영역이 설정된 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산하고 처리하여 맥박 신호로 변환할 수 있다.

- [0037] 변환부(130)는 관심 영역 내 피부화소를 평균하여 피부색 신호를 계산할 수 있다. 변환부(130)는 심장 박동과 관련이 적은 머리카락, 눈썹 및 배경과 관련된 픽셀들을 피부색 필터링으로 제거할 수 있다. 단일 관심 영역을 사용하는 경우의 피부색 신호의 데이터 크기는 $3(\text{RGB 채널}) \times T(\text{프레임 수})$ 이고, 다수의 관심 영역을 사용하는 경우의 피부색 신호의 데이터 크기는 $N(\text{관심 영역의 수}) \times 3(\text{RGB 채널}) \times T(\text{프레임의 수})$ 일 수 있다.
- [0038] 변환부(130)는 피부색 신호를 조합하고 처리하여 하나의 맥박 신호로 변환할 수 있다. 변환부(130)는 암묵 신호 분리, 피부 빛 반사 모델 및 딥러닝 등의 맥박 신호 추출 알고리즘을 이용하여 피부색 신호에서 맥박 신호로 변환할 수 있다.
- [0039] 암묵 신호 분리 방법은 독립 성분 분석(independent component analysis, ICA), 주성분 분석(principal component analysis, PCA)과 같은 비지도 학습 방법을 이용하여 맥박 신호를 추출하는 방법이다.
- [0040] 피부 빛 반사 모델은 피부에 빛이 반사되는 특성을 이용하여 맥박 신호를 추출하는 방법이다.
- [0041] 피부에 빛이 반사되는 특성은 대부분의 사람들이 유사하다. 이러한 현상의 원인은 대부분 사람의 혈액이 빛의 파장에 따라 유사한 흡광 계수를 보이기 때문이다. 하기 (수학식 1)은 피부 빛 반사 모델의 예를 나타낸다.
- [0042] (수학식 1)
- [0043]
$$h(t) = S_1(t) + \alpha \cdot S_2(t) \text{ with } \alpha = \frac{\sigma(S_1)}{\sigma(S_2)}$$
- [0044]
$$S_1(t) = G(t) - B(t), S_2(t) = G(t) + B(t) - 2R(t)$$
- [0045] 여기서, $R(t)$, $G(t)$, $B(t)$ 는 시간 t 에서 카메라 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue) 색상 채널의 색상 신호를 의미하고, $\sigma(\cdot)$ 는 표준 편차 연산을 의미한다.
- [0046] 딥러닝을 이용한 방법은 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN), 장단기 메모리(Long-short term memory, LSTM) 및 어텐션 네트워크(Attention network) 등을 이용하여 맥박 신호를 추출하는 방법이다.
- [0047] 필터링부(140)는 변환된 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행할 수 있다. 여기서, 필터뱅크(filter bank)는 좁은 주파수 대역의 필터 집합을 의미할 수 있다. 필터링부(140)는 맥박 신호를 여러 개의 좁은 주파수 대역으로 분해하고, 분해된 신호의 특성을 분석하여 맥박 신호가 포함되어 있는 주파수 대역을 평가하는 지표를 생성하고, 지표를 바탕으로 주파수 대역별 맥박 신호를 합성하여 필터링된 맥박 신호를 획득할 수 있다.
- [0048] 또한, 필터링부(140) 생성된 지표를 바탕으로 주파수 대역별 맥박 신호를 선택하여 필터링된 맥박 신호를 획득할 수 있다.
- [0049] 보다 구체적인 설명은 도 2에서 후술한다.
- [0050] 지표 평가부(150)는 필터링된 맥박 신호를 분석하여 심박 지표 평가를 수행할 수 있다.
- [0051] 실시예에서, 지표 평가부(150)는 필터링된 맥박 신호의 극대값 찾기를 수행하여 심박 지표를 평가할 수 있다.
- [0052] 또한, 지표 평가부(150)는 필터링된 맥박 신호의 고속 푸리에 변환(FFT; Fast Fourier Transform)을 수행하여 심박 지표를 평가할 수 있다.
- [0053] 이에, 지표 평가부(150)는 심박수, 심박 변이도, 동맥 산소 포화도, 혈압, 맥파 전달 시간 등을 계산할 수 있다.
- [0054] 특히, 심박 변이도와 맥파 전달 시간 계산을 위해서는 극대값을 정확하게 찾는 것이 중요하다. 이 경우 맥박 신호의 노이즈가 매우 큰 영향을 주기 때문에 본 발명과 같이 맥박 신호의 노이즈가 제거된 경우 극대값 찾기 알고리즘의 성능이 향상될 수 있다.
- [0055] 결국, 본 발명은 심박 변이도 및 맥파 전달 시간 측정의 정확도 향상에 매우 큰 기여를 할 수 있는 장점을 가진다.
- [0057] 도 2는 도 1의 필터링부의 구성을 구체적으로 나타내는 블록도이다.
- [0058] 도 1 및 도 2를 참조하면, 필터링부(140)는 주파수 분해부(141), 주파수 대역 평가부(143) 및 신호 합성부(14

5)를 포함할 수 있다.

[0059] 주파수 분해부(141)는 맥박 신호의 주파수를 복수 개의 좁은 대역의 주파수로 분해할 수 있다. 즉, 주파수 분해부(141)는 0.8~4.2Hz 주파수 범위에서 0.4Hz(24 BPM) 밴드 폭(band width)으로 0.2Hz씩 오버랩(overlap)하여 총 16개의 좁은 대역의 주파수 필터를 설계할 수 있다. 이 때, 주파수 필터의 그룹 지연(Group delay)은 일정하도록 설계할 수 있다. 이에, 주파수 분해부(141)는 설계된 필터에 맥박 신호를 통과시켜 16개의 주파수 필터링된 맥박 신호를 생성할 수 있다.

[0060] 주파수 대역 평가부(143)는 주파수 대역별로 주파수 대역 평가 지표를 생성하여 평가할 수 있다. 즉, 주파수 대역 평가부(143)는 16개의 주파수 대역 중 맥박 신호가 포함되어 있는 주파수 대역을 찾기 위해 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다. 여기서, 주파수 대역 평가 지표는 필터링된 맥박 신호의 특징을 표현하는 특징점을 계산하고, 머신러닝 알고리즘 또는 단순 곱셈식을 이용하여 특징점을 조합한 후 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0061] 실시예에서, 주파수 대역 평가부(143)는 머신러닝 알고리즘을 이용하는 경우, 각 주파수 대역의 특징점을 입력으로 하고, 주파수 대역에 맥박 신호 포함 여부(False: 0, True: 1)를 출력으로 할 수 있다.

[0062] 주파수 대역 평가부(143)는 학습 이후 머신러닝 알고리즘을 통해 해당 주파수 대역에 맥박 신호가 포함될 확률(주파수 대역 평가 지표)을 출력할 수 있다. 즉, 주파수 대역 평가부(143)는 머신러닝 알고리즘을 통해 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0063] 이때, 주파수 대역 평가부(143)는 서로 다른 시간대의 주파수 대역 평가 지표를 입력으로 추가할 수 있다. 이는, 심박수가 일정하게 유지되는 특성이 있기 때문에 머신러닝 알고리즘의 입력을 추가함으로써 정확도를 높일 수 있다.

[0064] 다른 실시예에서, 주파수 대역 평가부(143)는 곱셈식을 활용하는 경우 (수학식 2)와 같이 모든 주파수 대역 별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.

[0065] (수학식 2)

$$[0066] S = W_{feat1} \times W_{feat2} \times W_{feat3} \dots \times W_{featn}$$

[0067] 여기서, S는 곱셈식으로 계산된 주파수 대역 평가 지표이며, W_{featn} 은 주파수 대역별 특징점 n에 대한 값을 의미한다. 이 때, 특징점은 0(맥박 신호 특징 없음)에서 1(맥박 신호 특징 있음)로 표현된다.

[0068] 예를 들어, 주파수 대역 별 특징점은 공간적 일치도, 색차 특성 일치도, 자기 상관성, 주파수 확신도, 주파수 밀도 등이 될 수 있다.

[0069] 공간적 일치도는 맥박 신호가 얼굴 전체 영역에서 나타나기 때문에 맥박 신호와 함께 동시에 올라가고 내려가며, 주파수 또한 동일하다는 것을 표현한 특징점이다. 예를 들어, 신호가 동시에 올라가고 내려가는 것(위상이 일치하다는 것)은 힐버트 변환(Hilbert transform)하여 신호의 위상을 계산하고 위상 군집화(Phase clustering)하여 관심 영역(예시: 왼쪽 이마, 오른쪽 이마, 가운데 이마, 미간, 왼쪽 위 볼, 왼쪽 아래 볼, 오른쪽 위 볼, 오른쪽 아래 볼)에서의 위상 일치 정도를 계산할 수 있다. 주파수가 동일하다는 것은 모든 얼굴 영역 신호의 부호 변화점(zero-crossing rate)의 표준 편차의 역수로 계산할 수 있다.

[0070] 색차 특성 일치도는 (수학식 3)과 같이 상기 피부 빛 반사 모델 또는 딥러닝 모델에서 출력된 맥박 신호의 주파수 밀도와 상기 피부색 신호의 주파수 밀도의 비율을 이용하여 계산할 수 있다.

[0071] (수학식 3)

$$[0072] F_{cc} = \frac{PSD_P}{PSD_R + PSD_G + PSD_B}$$

[0073] 여기서, PSD(Power spectral density)는 주파수 밀도를 의미한다. PSDR은 피부색 신호 R 채널의 주파수 밀도, PSDG는 피부색 신호 G 채널의 주파수 밀도, PSDB는 피부색 신호 B 채널의 주파수 밀도를 의미한다. PSDP는 맥박 신호(pulse signal) P의 주파수 밀도를 의미한다.

[0074] 자기 상관성(autocorrelation)은 맥박 신호가 반복되는 것에 착안하여 시계열의 시차 값(lagged values)사이의 선형 관계를 표현한 것이다.

- [0075] 주파수 확산도는 주파수 엔트로피(spectral entropy)를 이용하여 측정할 수 있다.
- [0076] 주파수 대역별 특징점 및 주파수 대역 평가 지표는 이동 평균 필터, 저역 통과 필터 등을 이용하여 평활화(smoothing)될 수 있다.
- [0077] 계산된 주파수 대역 평가 지표의 데이터 크기는 16(주파수 필터 수) X T(프레임의 수)일 수 있다.
- [0078] 신호 합성부(145)는 계산된 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성 및/또는 선택할 수 있다.
- [0079] (수학식 4)
- $$rPPG_t = \sum_{F_i=1}^{16} (S_{F_i,t} \times P_{F_i,t})$$
- [0080]
- [0081] 여기서, $S_{F_i,t}$ 는 주파수 필터 F_i , 프레임 t 에서의 주파수 대역 평가 지표이며 $P_{F_i,t}$ 는 주파수 필터 F_i , 프레임 t 에서의 주파수 별 맥박 신호를 의미한다.
- [0082] 실시예에서, 신호 합성부(145)는 주파수 별 맥박 신호를 (수학식 4)와 같이 주파수 대역 평가 지표와 모든 주파수 필터(즉, 복수의 좁은 대역의 주파수)에 대해 가중 평균하여 맥박 신호를 합성할 수 있다.
- [0083] 또한, 신호 합성부(145)는 맥박 신호를 선택하는 경우, 특정 프레임에서 최대 주파수 대역 평가 지표 값을 가지는 주파수 대역의 맥박 신호만을 선택할 수 있다.
- [0085] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉식 맥박 신호 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이고, 도 4는 도 3의 신호 변환 방법을 설명하기 위한 그래프이다.
- [0086] 도 1 및 도 3을 참조하면, 비접촉식 맥박 신호 장치를 이용한 맥박 신호 측정 방법은 영상 획득부(110)를 통해 영상 데이터를 획득한다(S210). 여기서, 영상 데이터는 RGB, 적외선, 열화상 카메라 등으로부터 획득된 동영상 형식의 복수의 시계열적 이미지 데이터를 의미할 수 있다. 또한, 스마트 폰 및 노트북 등에 내장되어 카메라로부터 수집된 동영상 형식의 복수의 시계열적 이미지 데이터도 포함될 수 있다. 예를 들면, RGB 카메라로부터 획득된 영상 데이터는 H(이미지 높이) X W(이미지 너비) X 3(RGB 채널) X T(프레임 수)의 데이터 크기를 가지는 이미지 데이터일 수 있다.
- [0087] 이후, 신호 추출부(115)를 통해 획득된 영상 데이터에 관심 영역을 설정하고, 관심 영역이 설정된 영상 데이터에 대하여 피부색 신호를 계산 처리하여 맥박 신호를 추출한다.
- [0088] 실시예에서, 영역 설정부(120)를 통해 획득된 영상 데이터에 관심 영역을 설정한다(S220). 이러한, 관심 영역은 혈류에 의해 피부색 변화가 나타나는 관심 영역을 검출하여 설정하는 부분이다. 여기서, 관심 영역 검출은 얼굴의 해부학적 정보를 이용한 랜드마크 예측(landmark prediction) 방법을 이용하여 관심 영역을 검출하여 설정하거나 피부색을 주로 활용하는 피부 세분화(skin segmentation) 방법을 이용하여 관심 영역을 검출하여 설정할 수 있다.
- [0089] 또한, 딥러닝(deep learning)의 어텐션(attention) 네트워크를 이용한 방법을 이용하여 관심 영역을 검출하여 설정할 수 있다.
- [0090] 그리고, 변환부(130)를 통해 관심 영역 내 피부색 신호를 처리하여 맥박 신호로 변환한다(S230).
- [0091] 구체적으로, 변환부(130)는 관심 영역 내 피부 화소를 평균 내어 피부색 신호를 계산할 수 있다. 또한, 변환부(130)는 피부색 필터를 이용하여 심장 박동과 관련이 적은 머리카락, 눈썹 또는 배경과 관련된 화소들을 제거한 후 피부색 신호를 계산할 수 있다. 이때, 변환부(130)를 통해 단일 관심 영역에서 대하여 피부색 신호를 계산한 결과로, 도 4의 (a)와 같이 나타낼 수 있다.
- [0092] 또한, 변환부(130)는 피부색 신호를 조합 및 처리하여 맥박 신호로 변환할 수 있다. 이때, 변환부(130)는 암목 신호 분리(blind source separation), 피부 빛 반사 모델 및 딥러닝을 이용하여 맥박 신호로 변환할 수 있다.
- [0093] 실시예에서, 변환부(130)를 통해 피부 빛 반사 모델을 이용하여 맥박 신호를 계산한 결과로, 도 4의 (b)와 같이 나타낼 수 있다.

- [0094] 이렇게, 비접촉식 영상 이미지를 이용하여 측정된 혈류는 육안으로도 보이지 않는 매우 변화이기 때문에 외부 환경 노이즈(주변 광, 객체의 움직임 등)에 영향을 많이 받는다. 이에, 맥박 신호의 노이즈 간섭을 제거하는 필터링하는 단계가 필요하다.
- [0095] 종래의 비접촉식 맥박 신호 측정 기술은 일반적인 심박수 범위(42~240 BPM)에 기반하여 밴드 패스 필터를 수행한다(주파수 밴드의 예시: 0.8~4Hz). 그러나 이러한 주파수 대역은 너무 광범위하여 앨리어싱(aliasing)된 주변 광 간섭, 움직임 노이즈를 걸러내지 못하는 경우가 많다. 반면, 주파수 대역을 좁게 설정하는 경우 넓은 심박수 범위의 맥박 신호를 측정하기 어려워진다. 예를 들어, 운동 후 심박수가 높아져 있는 경우 측정을 하지 못할 수 있다.
- [0096] 이에, 필터링부(140)를 통해 변환된 맥박 신호를 필터뱅크를 이용하여 노이즈의 간섭을 제거하는 필터링을 수행한다(S240). 실시예에서, 필터링부(140)는 좁은 주파수 대역의 필터 집합인 필터 뱅크를 이용하여 맥박 신호를 설계함으로써, 맥박 신호를 여러 개의 좁은 주파수 대역으로 분해하고, 분해된 신호의 특성을 분석하여 맥박 신호가 포함되어 있는 주파수 대역을 평가하는 지표를 생성하고, 지표를 바탕으로 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성 및/또는 선택할 수 있다.
- [0097] 더욱 구체적인 방법은 도 5에서 후술한다.
- [0098] 그리고 나서, 지표 평가부(150)를 통해 합성된 맥박 신호를 분석하여 심박 지표 평가를 수행한다(S250). 즉, 지표 평가부(150)는 맥박 신호의 극댓값 찾기(peak detection) 또는 고속 푸리에 변환을 수행하여 심박수, 심박 변이도, 동맥 산소 포화도, 혈압, 맥파 전달 시간 등을 계산할 수 있다.
- [0099] 본 발명을 통해 맥박 신호의 노이즈의 간섭을 제거한 경우 극댓값 찾기 알고리즘의 성능이 향상되어 심박 변이도, 맥파 전달 시간 측정 정확도 향상에 매우 큰 기여를 할 수 있다.
- [0100] 도 5는 도 3의 신호 필터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0101] 도 3 및 도 5를 참조하면, 필터링부(140)를 통해 변환된 맥박 신호를 필터링하는 방법을 설명한다.
- [0102] 신호 변환부(130)를 통해 맥박 신호(Raw signal)가 변환되면(S241), 주파수 분해부(141)를 통해 맥박 신호의 주파수를 복수 개의 좁은 대역의 주파수로 분해한다(S243).
- [0103] 실시예에서, 주파수 분해부(141)는 0.8~4.2 Hz 주파수 범위에서 0.4Hz(24 BPM) 밴드 폭(band width)을 0.2Hz씩 오버랩(overlap)하여 총 16개의 좁은 대역의 주파수 필터를 설계한다. 이 때, 주파수 필터의 그룹 지연(Group delay)은 일정하도록 설계할 수 있다.
- [0104] 이후, 주파수 분해부(140)는 설계된 필터에 맥박 신호를 통과시켜 16개의 주파수 필터링 된 맥박 신호를 생성한다.
- [0105] 그리고, 주파수 대역 평가부(143)를 통해 주파수 대역별로 주파수 대역 평가 지표를 생성하여 평가한다(S245).
- [0106] 실시예에서, 주파수 대역 평가부(143)는 16개의 주파수 대역 중 맥박 신호가 포함되어 있는 주파수 대역을 찾기 위해 주파수 대역 평가 지표를 생성한다. 여기서, 주파수 대역 평가 지표는 필터링된 맥박 신호의 특징을 표현하는 특징점을 계산하고, 머신러닝 알고리즘(ML model) 또는 단순 곱셈식을 이용하여 특징점을 조합하여 주파수 대역 평가 지표를 생성한다.
- [0107] 한편, 머신러닝 알고리즘을 이용하는 경우, 입력은 각 주파수 대역의 특징점, 출력은 주파수 대역에 맥박 신호 포함 여부(False: 0, True: 1)이다. 학습 이후 머신 러닝 알고리즘은 해당 주파수 대역에 맥박 신호가 포함될 확률(주파수 대역 평가 지표)을 출력한다. 또한, 심박수는 일정하게 유지되는 특성이 있기 때문에 머신러닝 알고리즘을 사용하는 경우, 다른 시간 대(예: 10초 이전 평가 지표의 평균)의 주파수 대역 평가 지표를 입력으로 추가하여 정확도를 높일 수 있다.
- [0108] 또한, 단순 곱셈식을 활용하는 경우 모든 주파수 대역 별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성한다.
- [0109] 주파수 대역 평가부(143)는 곱셈식을 활용하는 경우 (수학식 2)와 같이 모든 주파수 대역 별 특징점을 곱하고 정규화하여 주파수 대역 평가 지표를 생성할 수 있다.
- [0110] 예를 들어, 주파수 대역 별 특징점은 공간적 일치도, 색차 특성 일치도, 자기 상관성, 주파수 확신도, 주파수 밀도 등이 될 수 있다.

- [0111] 공간적 일치도는 맥박 신호가 얼굴 전체 영역에서 나타나기 때문에 맥박 신호와 함께 동시에 올라가고 내려가며, 주파수 또한 동일하다는 것을 표현한 특징점이다. 도 6은 도 5의 신호 필터링 방법 중 특징점을 설명하기 위한 도면으로, 공간적 일치도를 나타낸다.
- [0112] 일 예로 도 6을 참조하면, 신호가 동시에 올라가고 내려가는 것(위상이 일치하다는 것)은 힐버트 변환(Hilbert transform)하여 신호의 위상을 계산하고 위상 군집화(Phase clustering)하여 관심 영역(예시: 왼쪽 이마, 오른쪽 이마, 가운데 이마, 미간, 왼쪽 위 볼, 왼쪽 아래 볼, 오른쪽 위 볼, 오른쪽 아래 볼)에서의 위상 일치 정도를 계산할 수 있다. 주파수가 동일하다는 것은 모든 얼굴 영역 신호의 부호 변화점(zero-crossing rate)의 표준편차의 역수로 계산할 수 있다.
- [0113] 다시 도 5를 참조하여 설명한다.
- [0114] 색차 특성 일치도는 (수학식 3)과 같이 상기 피부 빛 반사 모델 또는 딥러닝 모델에서 출력된 맥박 신호의 주파수 밀도와 상기 피부색 신호의 주파수 밀도의 비율을 이용하여 계산할 수 있다.
- [0115] 자기 상관성(autocorrelation)은 맥박 신호가 반복되는 것에 착안하여 시계열의 시차 값(lagged values)사이의 선형 관계를 표현한 것이다.
- [0116] 주파수 확신도는 주파수 엔트로피(spectral entropy)를 이용하여 측정할 수 있다.
- [0117] 이러한, 주파수 대역별 특징점 및 주파수 대역 평가 지표는 이동 평균 필터, 저역 통과 필터 등을 이용하여 평활화(smoothing)될 수 있다.
- [0118] 그리고, 신호 합성부(145)를 통해 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 주파수 대역 별 맥박 신호를 합성한다(S247).
- [0119] 실시예에서, 신호 합성부(145)는 주파수 대역별 맥박 신호를 (수학식 4)와 같이 주파수 대역 평가 지표와 모든 주파수 필터(즉, 복수 개의 좁은 대역의 주파수)에 대해 가중 평균하여 맥박 신호를 합성할 수 있다.
- [0120] 이에, 본 발명은 개선된 맥박 신호를 획득할 수 있다.
- [0121] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 대역 평가 지표를 나타내는 예시도이다.
- [0122] 도 6 및 도 7을 참조하면, 주파수 대역 평가 지표의 데이터 크기는 $16(\text{주파수 필터 수}) \times T(\text{프레임의 수})$ 를 나타내며, 주파수 대역 평가 지표는 평활화 되었음을 알 수 있다. 특히, 1.4Hz의 주파수 대역에서 특징점이 부각되어 나타나고 있음을 알 수 있다.
- [0123] 도 8은 본 발명에 의해 개선된 맥박 신호를 나타내는 도면이다.
- [0124] 도 8을 참조하면, 붉은색 신호는 본 발명에 의해 획득된 맥박 신호를 의미하며, 맨 하단의 PPG는 신체에 센서를 부착한 방법으로 측정된 기준 맥박 신호를 의미한다.
- [0125] 또한, PCA(주성분 분석), ICA(독립 성분 분석), G(초록 색상 채널), G-R(초록 색상 채널 - 빨간 색상 채널)은 종래 기술에 의해 추출된 맥박 신호를 의미한다.
- [0126] 결국, 본 발명에 의해 획득된 맥박 신호(붉은색 신호)는 기준 맥박 신호(PPG)의 주기와 위상이 매우 유사한 것을 확인할 수 있다.
- [0127] 그러나 종래 기술에 의해 추출된 맥박 신호의 경우 노이즈의 간섭으로 인해 육안으로도 맥박 신호를 정확히 관독하기 어렵다.
- [0128] 이로써, 본 발명은 개선된 맥박 신호 측정에 있어서 노이즈 간섭을 획기적으로 줄일 수 있다.
- [0129] 맥박 신호의 불확실성은 맥박 신호의 품질을 평가하여 사용자에게 측정 환경 개선을 요구하거나, 필터링 강도를 조절하기 위해 사용할 수 있는 지표이다.
- [0130] 더불어, 본 발명의 주파수 대역 평가 지표를 이용하여 맥박 신호의 불확실성을 평가할 수 있다. 맥박 신호의 불확실성이 높을 경우 주파수 대역 평가 지표는 모든 주파수에서 0(맥박 신호 없음)에 가깝게 출력된다. 일반적으로 맥박 신호의 불확실성을 평가하기 위해서 단순히 자기 상관성, 주파수 확신도, 신호 대 잡음비를 이용하지만 이러한 경우 주기적인 노이즈가 발생한 경우(예: 사이클 운동 시 모션 노이즈) 정확도가 떨어진다. 본 발명의 주파수 대역 평가 지표를 활용하면 개선된 신호의 불확실성 평가를 수행할 수 있다.

[0131] 지금까지 본 발명에 대하여 도면에 도시된 바람직한 실시예들을 중심으로 상세히 살펴보았다. 이러한 실시예들은 이 발명을 한정하려는 것이 아니라 예시적인 것에 불과하며, 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 전술한 설명이 아니라 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해서 정해져야 할 것이다. 비록 본 명세서에 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 개념을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 본 발명의 각 단계는 반드시 기재된 순서대로 수행되어야 할 필요는 없고, 병렬적, 선택적 또는 개별적으로 수행될 수 있다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 본질적인 기술사상에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 형태 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 균등물은 현재 공지된 균등물뿐만 아니라 장래에 개발될 균등물 즉 구조와 무관하게 동일한 기능을 수행하도록 발명된 모든 구성요소를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

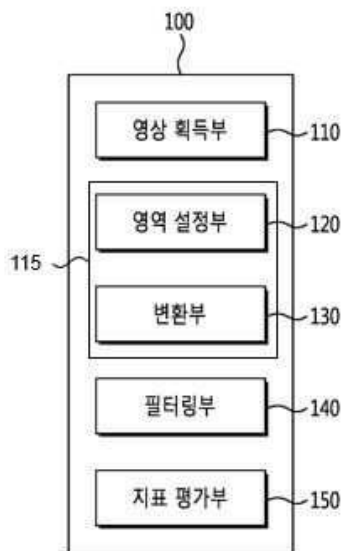
부호의 설명

[0132]

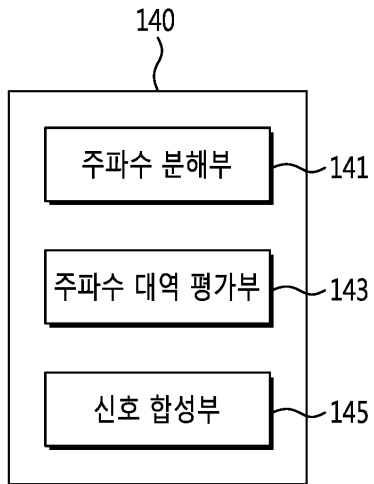
100: 맥박 신호 측정 장치
 110: 영상 획득부 115: 신호 추출부
 120: 영역 설정부
 130: 변환부 140: 필터링부
 141: 주파수 분해부 143: 주파수 대역 평가부
 145: 신호 합성부
 150: 지표 평가부

도면

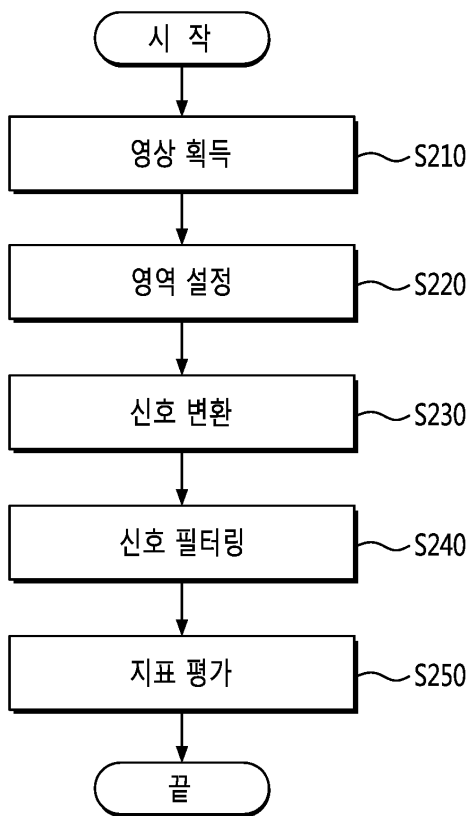
도면1



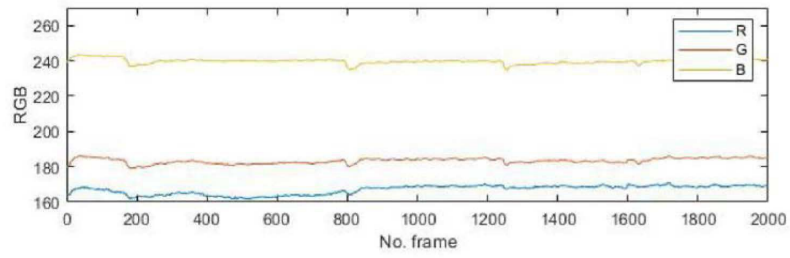
도면2



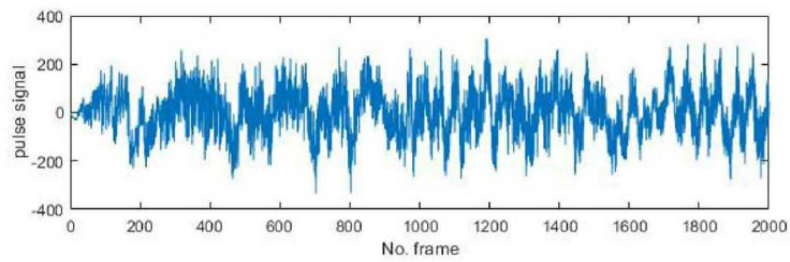
도면3



도면4

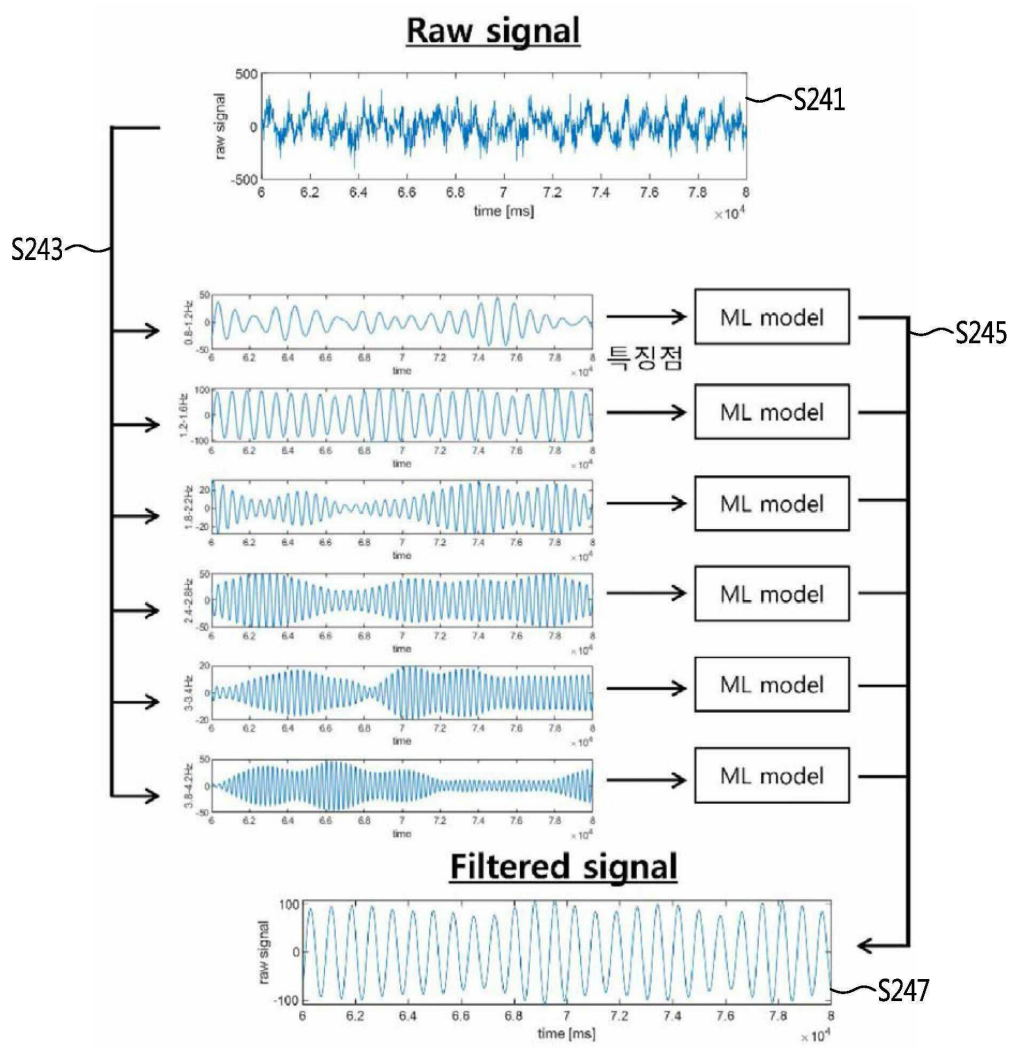


(a)

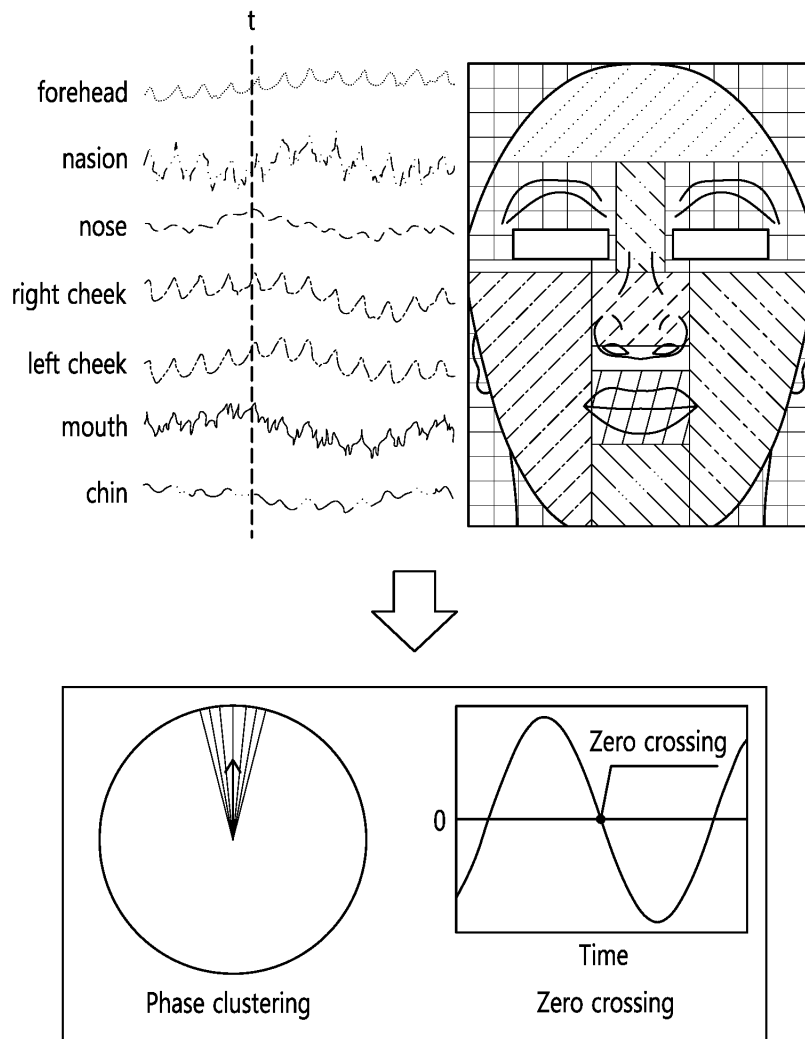


(b)

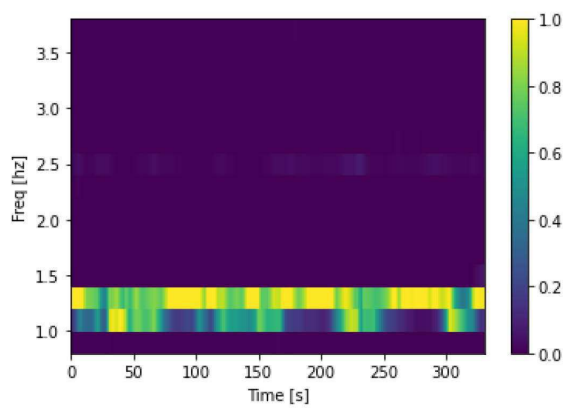
도면5



도면6



도면7



도면8

