

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2024년 12월 19일 (19.12.2024)



WIPO PCT



(10) 국제공개번호

WO 2024/257970 A1

(51) 국제특허분류:

A61B 5/029 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

G16H 50/70 (2018.01)

G16H 50/20 (2018.01)

G06N 3/08 (2006.01)

A61B 5/021 (2006.01)

A61B 5/349 (2021.01)

A61B 5/358 (2021.01)

A61B 5/36 (2021.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2023/019829

(22) 국제출원일:

2023년 12월 4일 (04.12.2023)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2023-0076053 2023년 6월 14일 (14.06.2023) KR

(71) 출원인:

서울대학교병원 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL) [KR/KR]; 03080 서울특별시 종로구 대학로 101, Seoul (KR).

(72) 발명자:

이형철 (LEE, Hyung Chul); 05504 서울특별시 송파구 올림픽로35길 104, 25동 809호, Seoul (KR). 정철우 (JUNG, Chul Woo); 03080 서울특별시 종로구 대학로 101, Seoul (KR). 양현림 (YANG, Hyun Lim); 01404 서울특별시 도봉구 해동로12길 44, 203동 203호, Seoul (KR). 박성아 (PARK, Seong A); 03100 서울특별시 종로구 이화장1길 26-1, 402호, Seoul (KR).

(74) 대리인:

특허법인 인벤싱크 (INVENSINC INTELLECTUAL PROPERTY GROUP); 06222 서울특별시 강남구 언주로 425 세송빌딩 5층, Seoul (KR).

(81) 지정국

(별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국

(별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

규칙 4.17에 의한 선언서:

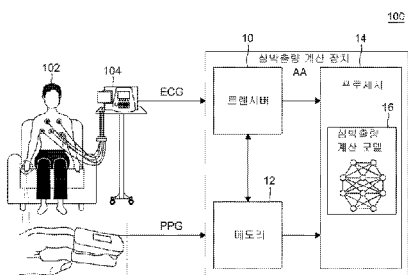
— 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: DEVICE FOR NON-INVASIVELY CALCULATING CARDIAC OUTPUT AND OPERATING METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치 및 이의 동작 방법



10 ... Transceiver
12 ... Memory
14 ... Processor
16 ... Cardiac output calculation model
AA ... Cardiac output-calculating device

(57) Abstract: The present invention relates to a device for non-invasively calculating a cardiac output and an operation method therefor. The method comprises the steps of: receiving first bio-signal data including an electrocardiogram and a photoplethysmogram of a user; and determining a stroke volume of the user on the basis of the first bio-signal data of the user by using a deep learning model configured to output the stroke volume, with the electrocardiogram and the photoplethysmogram used as inputs.

(57) 요약서: 본 발명은, 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치 및 이의 동작 방법으로서, 상기 방법은, 사용자의 심전도 및 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터를 수신하는 단계, 심전도 및 광용적맥파를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여, 상기 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터를 기초로 상기 사용자의 일회박출량을 결정하는 단계를 포함하도록 구성된다.

발명의 설명

발명의 명칭: 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치 및 이의 동작 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치 및 이의 동작 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 심박출량(Cardiac output, CO) 모니터링은 고위험군의 환자에서 혈액학적 진단을 위해 사용되고 있다. 심박출량이란 심박수(Heart rate, HR)와 일회박출량(Stroke volume, SV)을 곱한 값으로, 시간적 단위(보통은 '분' 단위)에 따른 심장의 2개의 심실에 의해 펌프질되는 혈액의 양을 의미하며, 심장의 기능뿐만 아니라 전체 순환계의 상태를 반영하는 지표이다.
- [3] 심박출량은 고위험 수술 환자의 전신 산소 및 약물 전달을 모니터링하고 최적화하는데 사용되기 때문에, 심박출량을 예측하는 것은 중요하다.
- [4] 현재의 gold-standard(병의 진행 과정을 진단하는 테스트) 방법론인 열희석법(thermodilution-based method)에서는 폐동맥 카테터를 삽입하여 심박출량을 산출하는 방법으로, 침습적이며 감염 등 합병증의 문제가 있다.
- [5] 열희석법 이후에 제안된 최소침습형 심박출량 산출 방법(arterial pressure-based method)은 최소침습적인 동맥혈압파형을 사용하여 심박출량을 계산하는 방법으로, 이 방법은 병원 내 중환자실 및 수술방의 모든 환자에서 사용되는 기술이 아니므로 그 활용성에 있어서 제한이 있다.
- [6] 발명의 배경이 되는 기술은 본 발명에 대한 이해를 보다 용이하게 하기 위해 작성되었다. 발명의 배경이 되는 기술에 기재된 사항들이 선행기술로 존재한다고 인정하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

발명의 내용

기술적 과제

- [7] 상술한 침습형 또는 최소침습형 심박출량 산출 방법의 문제에 따라, 완전 비침습적인 생체 신호인 심전도와 광용적맥파만을 사용하여 심박출량을 분석 및 산출할 수 있는 새로운 방법이 요구된다.
- [8] 그 결과, 본 발명의 발명자들은, 환자의 생체 신호를 분석하고 이차 지표를 활용하는 방법으로 환자 모니터와 같은 생체 신호 측정기기에 탑재되어, 수집된 비침습적 생체 신호 데이터를 분석하는 방법 및 이를 수행하는 장치를 개발하고자 하였다.
- [9] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법이 제공된다. 상기 방법은, 사용자의 심전도 및 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터를 수신하는 단계, 심전도 및 광용적맥파를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여, 상기 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터를 기초로 상기 사용자의 일회박출량을 결정하는 단계를 포함하도록 구성된다.
- [11] 본 발명의 특징에 따르면, 상기 딥러닝 모델은 복수의 환자들에 대한 학습 데이터에 의해 학습되고, 상기 복수의 환자들에 대한 상기 학습 데이터는, 상기 광용적맥파의 1차 미분 파형인 VPG(first derivative PPG) 파형, 상기 광용적맥파의 2차 미분 파형인 APG(second derivative PPG) 파형을 포함할 수 있다.
- [12] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 상기 복수의 환자들에 대한 상기 학습 데이터는, 상기 복수의 환자들 각각의 상기 심전도로부터 추출된 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment를 포함할 수 있다.
- [13] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 사용자의 인구통계학 정보 데이터를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 딥러닝 모델은 상기 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터, 제2 생체 신호 데이터 및 상기 인구통계학 정보 데이터를 입력으로 하여 상기 사용자의 일회박출량을 결정하도록 구성되고, 상기 인구통계학 정보 데이터는 상기 사용자의 나이, 성별, 키, 몸무게 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 생체 신호 데이터는 상기 VPG 파형, 상기 APG 파형, 상기 PR interval, 상기 QRS duration, 상기 QRS amplitude, 상기 ST segment, 상기 PTT를 더 포함할 수 있다.
- [14] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치가 제공된다.
- [15] 상기 장치는, 메모리, 심전도와 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터, 인구통계학 정보 데이터 중 적어도 하나를 수신하는 트랜시버 및 딥러닝 모델을 포함하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 상기 제1 생체 신호 데이터를 전처리하고, 전처리된 상기 생체 신호 데이터로부터 제2 생체 신호 데이터를 추출하고, 상기 제1 생체 신호 데이터 및 상기 제2 생체 신호 데이터를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여 일회박출량을 추론하도록 구성될 수 있다.
- [16] 본 발명의 특징에 따르면, 상기 프로세서는, 상기 제1 생체 신호 데이터를 소정의 길이로 슬라이싱하고, 슬라이싱된 상기 제1 생체 신호 데이터로부터 샘플링 데이터를 추출하고, 상기 제1 생체 신호 데이터의 노이즈 데이터를 제거하도록 추가로 구성될 수 있다.

- [17] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 상기 제2 생체 신호 데이터는, 상기 광용적맥파의 1차 미분 파형인 VPG(first derivative PPG) 파형, 상기 광용적맥파의 2차 미분 파형인 APG(second derivative PPG) 파형과, 상기 심전도로부터 추출된 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment와, 상기 심전도 및 상기 광용적맥파로부터 추출된 PTT(Pulse Transit Time) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [18] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 프로세서는, 상기 광용적맥파의 최소-최대 정규화를 수행하고, 상기 광용적맥파의 상기 VPG 파형 및 상기 APG 파형을 추출하도록 추가로 구성되며, 상기 VPG 파형 및 상기 APG 파형은 상기 소정의 길이를 갖는 시계열 데이터의 형태로 상기 딥러닝 모델에 입력될 수 있다.
- [19] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 PR interval, 상기 QRS duration, 상기 QRS amplitude, 상기 ST segment 및 상기 PTT는 상기 소정의 길이에 대응하는 시간 동안, 복수 회 측정된 각각의 값의 평균으로 상기 딥러닝 모델에 입력될 수 있다.
- [20] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 학습 데이터는 복수의 환자들의 상기 제1 생체 신호 데이터, 상기 제2 생체 신호 데이터, 일회박출량 데이터, 상기 인구통계학 정보 데이터를 포함하고, 상기 인구통계학 정보 데이터는 나이, 성별, 키, 몸무게 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [21] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 메모리는 상기 복수의 환자들 각각에 대해 매칭된 상기 학습 데이터의 세트를 저장하도록 구성될 수 있다.
- [22] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 딥러닝 모델은 적어도 하나의 SE(Squeeze and Excitation) block 및 적어도 하나의 Residual block이 포함된 CNN(convolution Neural Network) 구조를 가질 수 있다.
- [23] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, t (t 는 양의 정수)초에서부터 $(t+n)$ 초까지의 기간에 대응되는 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터 및 상기 제2 생체 신호 데이터를 수신하도록 추가로 구성되는 상기 트랜시버 및 상기 딥러닝 모델을 이용하여 상기 $(t+n)$ 초에서의 상기 사용자의 상기 일회박출량을 계산하도록 추가로 구성되는 상기 프로세서를 포함할 수 있다.
- [24] 기타 실시예의 구체적인 사항들은 발명의 설명 및 도면들에 포함되어 있다.
- 발명의 효과**
- [25] 본 발명은 비침습적인 방법으로 수집된 생체 신호 데이터를 이용하여 환자의 심박출량을 산출할 수 있다.
- [26] 구체적으로, 본 발명은 침습적 또는 최소침습적 측정 방법에서의 제한 요소들이 제거된 완전 비침습적인 생체 신호인 심전도와 광용적맥파만을 이용하여 환자의 심박출량을 산출할 수 있다.

[27] 또한, 본 발명은 심층신경망 구조의 딥러닝 기술을 이용하여 고해상도의 입력 데이터를 분석하고 이를 학습함으로써, 새로운 입력 데이터에 대한 결과 값, 즉 심박출량을 빠르게 예측하고 출력할 수 있다.

[28] 본 발명에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 발명 내에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

[29] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 개략도이다.

[30] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

[31] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

[32] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치의 입력 데이터 및 출력 데이터를 나타낸 그래프이다.

[33] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 방법을 나타낸 순서도이다.

[34] 도 6은 심전도 파형 및 광용적맥파 파형의 잡음의 일 예를 나타내는 그래프이다.

[35] 도 7은 광용적맥파 파형, VPG 파형 및 PPG 파형을 나타낸 그래프이다.

[36] 도 8은 심전도 파형 및 심전도 파형으로부터 추출한 2차 지표를 나타낸 그래프이다.

[37] 도 9는 심전도 파형 및 광용적맥파 파형으로부터 추출한 2차 지표를 나타낸 그래프이다.

[38] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 모델의 아키텍처를 나타내는 블록도이다.

[39] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 심박출량 계산 모델의 예측값과 실제값을 비교한 그래프들이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[40] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조부호가 사용될 수 있다.

- [41] 본 문서에서, "가진다," "가질 수 있다," "포함한다," 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [42] 본 문서에서, "A 또는 B," "A 또는/및 B 중 적어도 하나," 또는 "A 또는/및 B 중 하나 또는 그 이상" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, "A 또는 B," "A 및 B 중 적어도 하나," 또는 "A 또는 B 중 적어도 하나"는, (1) 적어도 하나의 A를 포함, (2) 적어도 하나의 B를 포함, 또는(3) 적어도 하나의 A 및 적어도 하나의 B 모두를 포함하는 경우를 모두 지칭할 수 있다.
- [43] 본 문서에서 사용된 "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 다양한 구성요소들을, 순서 및/또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 예를 들면, 제1 사용자 기기와 제2 사용자 기기는, 순서 또는 중요도와 무관하게, 서로 다른 사용자 기기를 나타낼 수 있다. 예를 들면, 본 문서에 기재된 권리범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 바꾸어 명명될 수 있다.
- [44] 어떤 구성요소(예: 제1 구성요소)가 다른 구성요소(예: 제2 구성요소)에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어((operatively or communicatively) coupled with/to)" 있다거나 "접속되어(connected to)" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소(예: 제1 구성요소)가 다른 구성요소(예: 제2 구성요소)에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)가 존재하지 않는 것으로 이해될 수 있다.
- [45] 본 문서에서 사용된 표현 "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, "~에 적합한(suitable for)," "~하는 능력을 가지는(having the capacity to)," "~하도록 설계된(designed to)," "~하도록 변경된(adapted to)," "~하도록 만들어진(made to)," 또는 "~를 할 수 있는(capable of)"과 바꾸어 사용될 수 있다. 용어 "~하도록 구성된(또는 설정된)"은 하드웨어적으로 "특별히 설계된(specifically designed to)" 것 만을 반드시 의미하지 않을 수 있다. 대신, 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다. 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된)프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(generic-purpose processor)(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

- [46] 본 문서에서 사용된 용어들은 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 문서에 기재된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 문서에 사용된 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 문서에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 문서에서 정의된 용어일지라도 본 문서의 실시예들을 배제하도록 해석될 수 없다.
- [47] 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하며, 당업자가 충분히 이해할 수 있듯이 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.
- [48] 본 명세서의 해석의 명확함을 위해, 이하에서는 본 명세서에서 사용되는 용어들을 정의하기로 한다.
- [49] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심박출량 계산 장치의 개략도이다.
- [50] 본 발명의 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100)는 트랜시버(10), 메모리(12) 및 프로세서(14)를 포함할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100)는 트랜시버(10)를 통해 수신된 심전도 및/또는 광용적맥파를 이용하여 심박출량을 계산할 수 있다. 메모리(12)는 수신된 심전도 및/또는 광용적맥파에 대한 데이터를 저장할 수 있다.
- [51] 도 1을 참조하면, 심박출량 계산 장치(100)는 심전도(Electrocardiogram, ECG) 모니터링을 통해 획득된 사용자(102)의 심전도를 수신할 수 있다. 심전도란 심장의 전기적 활동 또는 전기적 활성도를 분석하여 파장 형태로 기록한 것으로, 심전도 모니터링은 사용자(102)의 피부에 전극을 부착하고, 심전도 측정 기기(104)를 통해 시계열적으로 디스플레이되는 심전도의 변화를 모니터링함으로써 수행될 수 있다.
- [52] 또한, 도 1을 참조하면, 심박출량 계산 장치(100)는 광용적맥파(Photoplethysmogram, PPG) 모니터링을 통해 획득된 사용자의 광용적맥파를 수신할 수 있다. 광용적맥파를 이용한 측정법은 빛을 이용하여 맥파를 측정하는 방법으로, 혈관의 용적 변화 시 나타나는 생체조직의 반사, 흡수 투과비 등의 광학적 특성의 변화를 광센서에서 감지하여, 혈류의 속도, 혈액 중 산소 포화도 등을 측정할 수 있다. 광용적맥파 모니터링은 사용자의 손가락에 광용적맥파 측정 기기(106)를 장착하고, 광용적맥파 측정 기기(106)를 통해 시계열적으로 디스플레이되는 광용적맥파의 변화를 모니터링함으로써 수행될 수 있다.
- [53] 본 발명의 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100)는 PC(personal computer), 데이터 서버, 또는 휴대용 장치 내에 구현될 수 있다.

- [54] 휴대용 장치는 랩탑(laptop) 컴퓨터, 이동 전화기, 스마트 폰(smart phone), 태블릿(tablet) PC, 모바일 인터넷 디바이스(mobile internet device(MID)), PDA(personal digital assistant), EDA(enterprise digital assistant), 디지털 스틸 카메라(digital still camera), 디지털 비디오 카메라(digital video camera), PMP(portable multimedia player), PND(personal navigation device 또는 portable navigation device), 휴대용 게임 콘솔(handheld game console), e-북(e-book), 또는 스마트 디바이스(smart device)로 구현될 수 있다. 스마트 디바이스는 스마트 와치(smart watch), 스마트 밴드(smart band), 또는 스마트 링(smart ring)으로 구현될 수 있으며, 이는 실시예들에 불과할 뿐 심박출량 계산 장치(100)의 구현 예를 제한하지 않는다.
- [55] 심전도 측정 기기(104) 및/또는 광용적맥파 측정 기기(106)는 생체 신호를 측정 및 출력할 수 있는 전자 장치로서, 심박출량 계산 장치(100)와 마찬가지로, PC(personal computer), 데이터 서버, 또는 휴대용 장치 내에 구현될 수 있다.
- [56] 심박출량 계산 장치(100)의 프로세서(14)는 딥러닝 모델을 포함할 수 있다. 예를 들어, 심박출량 계산 장치(100)의 프로세서(14)는 심박출량 계산 모델(16)을 포함할 수 있다.
- [57] 심박출량 계산 모델(16)은 뉴럴 네트워크(또는 인공 신경망)를 포함할 수 있다. 뉴럴 네트워크는 기계학습과 인지과학에서 생물학의 신경을 모방한 통계학적 학습 알고리즘을 포함한다. 뉴럴 네트워크는 시냅스의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반을 의미할 수 있다. 본 발명의 실시예들에서 심박출량 계산 모델(16)은 뉴럴 네트워크의 한 종류로써 표현될 수 있으며, 심박출량 계산 알고리즘을 포함할 수 있다.
- [58] 뉴럴 네트워크의 뉴런은 가중치 또는 바이어스의 조합을 포함할 수 있다. 뉴럴 네트워크는 하나 이상의 뉴런 또는 노드로 구성된 하나 이상의 레이어(layer)를 포함할 수 있다. 뉴럴 네트워크는 뉴런의 가중치를 학습을 통해 변화시킴으로써 임의의 입력으로부터 예측하고자 하는 결과를 추론할 수 있다.
- [59] 뉴럴 네트워크는 CNN(Convolutional Neural Network)을 포함할 수 있다. 뉴럴 네트워크는 DNN(Deep Neural Network), RNN(Recurrent Neural Network), 퍼셉트론(perceptron), 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron), FF(Feed Forward), RBF(Radial Basis Network), DFF(Deep Feed Forward), LSTM(Long Short Term Memory), GRU(Gated Recurrent Unit), AE(Auto Encoder), VAE(Variational Auto Encoder), DAE(Denoising Auto Encoder), SAE(Sparse Auto Encoder), MC(Markov Chain), HN(Hopfield Network), BM(Boltzmann Machine), RBM(Restricted Boltzmann Machine), DBN(Deep Belief Network), DCN(Deep Convolutional Network), DN(Deconvolutional Network), DCIGN(Deep Convolutional Inverse Graphics Network), GAN(Generative Adversarial Network), LSM(Liquid State Machine), ELM(Extreme Learning Machine), ESN(Echo State Network), DRN(Deep

Residual Network), DNC(Differentiable Neural Computer), NTM(Neural Turning Machine), CN(Capsule Network), KN(Kohonen Network) 및/또는 AN(Attention Network)를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것이 아닌 임의의 뉴럴 네트워크를 포함할 수 있음은 통상의 기술자가 이해할 것이다.

[60] 본 발명의 일 실시 예에 따른 심박출량 계산 모델(16)은 심박출량 계산 알고리즘을 포함하는 딥러닝 모델을 포함할 수 있으며, 본 발명의 일 실시 예에 따른 심박출량 계산 모델(16)에 대한 상세한 내용은 도 10에서 후술한다.

[61]

[62] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 심박출량 계산 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

[63] 도 2를 참조하면, 심박출량 계산 장치(200)는 메모리 인터페이스(210), 하나 이상의 프로세서(220) 및 주변 인터페이스(230)를 포함할 수 있다. 도 2의 심박출량 계산 장치(200)는 도 1의 심박출량 계산 장치(100)에 적용될 수 있다.

[64] 심박출량 계산 장치(200) 내의 다양한 컴포넌트들은 하나 이상의 통신 버스 또는 신호 라인에 의해 연결될 수 있다.

[65] 메모리 인터페이스(210)는 메모리(250)에 연결되어 하나 이상의 프로세서(220)로 다양한 데이터를 전할 수 있다. 여기서, 메모리(250)는 플래시 메모리 타입, 하드디스크 타입, 멀티미디어 카드 마이크로 타입, 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램, SRAM, 롬, EEPROM, PROM, 네트워크 저장 스토리지, 클라우드, 블록체인 데이터베이스 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.

[66] 다양한 실시 예에서, 메모리(250)는 운영 체제(251), 통신 모듈(252), 그래픽 사용자 인터페이스 모듈(GUI)(253), 센서 처리 모듈(254), 전화 모듈(255) 및 애플리케이션 모듈(256) 중 적어도 하나 이상을 저장할 수 있다. 구체적으로, 운영 체제(251)는 기본 시스템 서비스를 처리하기 위한 명령어 및 하드웨어 작업들을 수행하기 위한 명령어를 포함할 수 있다. 통신 모듈(252)은 다른 하나 이상의 디바이스, 컴퓨터 및 서버 중 적어도 하나와 통신할 수 있다. 그래픽 사용자 인터페이스 모듈(GUI)(253)은 그래픽 사용자 인터페이스를 처리할 수 있다. 센서 처리 모듈(254)은 센서 관련 기능(예를 들어, 하나 이상의 마이크(292)를 이용하여 수신된 음성 입력을 처리함)을 처리할 수 있다. 전화 모듈(255)은 전화 관련 기능을 처리할 수 있다. 애플리케이션 모듈(256)은 사용자 애플리케이션의 다양한 기능들, 예컨대 전자 메시징, 웹 브라우징, 미디어 처리, 탐색, 이미징, 기타 프로세스 기능을 수행할 수 있다. 아울러, 심박출량 계산 장치(200)는 메모리(250)에 어느 한 종류의 서비스와 연관된 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션(256-1, 256-2)을 저장할 수 있다.

[67] 다양한 실시 예에서, 메모리(250)는 디지털 어시스턴트 클라이언트 모듈(257)(이하, DA 클라이언트 모듈)을 저장할 수 있으며, 그에 따라 디지털

어시스턴트의 클라이언트 측의 기능을 수행하기 위한 명령어 및 다양한 사용자 데이터(258)를 저장할 수 있다.

- [68] 한편, DA 클라이언트 모듈(257)은 심박출량 계산 장치(200)에 구비된 다양한 사용자 인터페이스(예. I/O 서브시스템(240))를 통해 사용자의 음성 입력, 텍스트 입력, 터치 입력 및/또는 제스처 입력을 획득할 수 있다.
- [69] 또한, DA 클라이언트 모듈(257)은 시청각적, 촉각적 형태의 데이터를 출력할 수 있다. 예를 들어, DA 클라이언트 모듈(257)은 음성, 소리, 알람, 텍스트 메시지, 메뉴, 그래픽, 비디오, 애니메이션 및 진동 중 적어도 둘 하나 이상의 조합으로 이루어진 데이터를 출력할 수 있다. 아울러, DA 클라이언트 모듈(257)은 통신 서브시스템(280)을 이용하여 디지털 어시스턴트 서버(미도시)와 통신할 수 있다.
- [70] 다양한 실시예에서, DA 클라이언트 모듈(257)은 사용자 입력과 연관된 상황(context)을 구성하기 위하여 다양한 센서, 서브시스템 및 주변 디바이스로부터 심박출량 계산 장치(200)의 주변 환경에 대한 추가 정보를 수집할 수 있다. 예를 들어, DA 클라이언트 모듈(257)은 사용자 입력과 함께 상황 정보를 디지털 어시스턴트 서버에 제공하여 사용자의 의도를 추론할 수 있다. 여기서, 사용자 입력에 동반될 수 있는 상황 정보는 센서 정보, 예를 들어, 광(lightning), 주변 소음, 주변 온도, 주변 환경의 이미지, 비디오 등을 포함할 수 있다. 다른 예를 들어, 상황 정보는 심박출량 계산 장치(200)의 물리적 상태(예. 디바이스 배향, 디바이스 위치, 디바이스 온도, 전력 레벨, 속도, 가속도, 모션 패턴, 셀룰러 신호 강도 등)을 포함할 수 있다. 또 다른 예를 들어, 상황 정보는 심박출량 계산 장치(200)의 소프트웨어 상태에 관련된 정보(예. 심박출량 계산 장치(200)에서 실행 중인 프로세스, 설치된 프로그램, 과거 및 현재 네트워크 활동성, 백그라운드 서비스, 오류 로그, 리소스 사용 등)를 포함할 수 있다.
- [71] 다양한 실시예에서, 메모리(250)는 추가 또는 삭제된 명령어를 포함할 수 있으며, 나아가 심박출량 계산 장치(200)도 도 2에 도시된 구성 외에 추가 구성을 포함하거나, 일부 구성을 제외할 수도 있다.
- [72] 프로세서(220)는 심박출량 계산 장치(200)의 전반적인 동작을 제어할 수 있으며, 메모리(250)에 저장된 어플리케이션 또는 프로그램을 구동하여 사용자의 심박출량을 계산 및/또는 출력하기 위한 다양한 명령들을 수행할 수 있다.
- [73] 프로세서(220)는 CPU(Central Processing Unit)나 AP(Application Processor)와 같은 연산 장치에 해당할 수 있다. 또한, 프로세서(220)는 NPU(Neural Processing Unit)와 같은 다양한 연산 장치가 통합된 SoC(System on Chip)와 같은 통합 칩(Integrated Chip (IC))의 형태로 구현될 수 있다.
- [74] 다양한 실시예에서, 프로세서(220)는 심전도와 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터, 인구통계학 정보 데이터 중 적어도 하나를 수신할 수 있다.
- [75] 제1 생체 신호 데이터는 심전도 파형 데이터, 광용적맥파 파형 데이터, APCO(Arterial Pressure Based Cardiac Output) 장비를 이용하여 산출된

동맥혈압을 기초로 산출된 일회박출량 데이터를 포함할 수 있다. 인구통계학 정보 데이터는 상기 사용자의 나이, 성별, 키, 몸무게 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 프로세서(220)는 제1 생체 신호 데이터를 전처리 할 수 있다. 또한, 프로세서(220)는 전처리된 생체 신호 데이터로부터 제2 생체 신호 데이터를 추출할 수 있다. 또한, 프로세서(220)는 제1 생체 신호 데이터 및 제2 생체 신호 데이터를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여, 일회박출량을 추론할 수 있다. 프로세서(220)의 동작에 대한 상세한 내용은 도 3이하에서 후술한다.

- [76] 주변 인터페이스(230)는 다양한 센서, 서버 시스템 및 주변 디바이스와 연결되어, 심박출량 계산 장치(200)가 다양한 기능을 수행할 수 있도록 데이터를 제공해 줄 수 있다. 여기서, 심박출량 계산 장치(200)가 어떠한 기능을 수행한다는 것은 프로세서(220)에 의해 수행되는 것으로 이해될 수 있다.
- [77] 주변 인터페이스(230)는 모션 센서(260), 조명 센서(광 센서)(261) 및 근접 센서(262)로부터 데이터를 제공받을 수 있으며, 이를 통해, 심박출량 계산 장치(200)는 배향, 광, 및 근접 감지 기능 등을 수행할 수 있다. 다른 예를 들어, 주변 인터페이스(230)는 기타 센서들(263)(포지셔닝 시스템-GPS 수신기, 온도 센서, 생체인식 센서)로부터 데이터를 제공받을 수 있으며, 이를 통해 심박출량 계산 장치(200)가 기타 센서들(263)과 관련된 기능들을 수행할 수 있다.
- [78] 다양한 실시예에서, 심박출량 계산 장치(200)는 주변 인터페이스(230)와 연결된 카메라 서버시스템(270) 및 이와 연결된 광학 센서(271)를 포함할 수 있으며, 이를 통해 심박출량 계산 장치(200)는 사진 촬영 및 비디오 클립 녹화 등의 다양한 촬영 기능을 수행할 수 있다.
- [79] 다양한 실시예에서, 심박출량 계산 장치(200)는 주변 인터페이스(230)와 연결된 통신 서버 시스템(280)을 포함할 수 있다. 통신 서버 시스템(280)은 하나 이상의 유/무선 네트워크로 구성되며, 다양한 통신 포트, 무선 주파수 송수신기, 광학 송수신기를 포함할 수 있다.
- [80] 다양한 실시예에서, 심박출량 계산 장치(200)는 주변 인터페이스(230)와 연결된 오디오 서버 시스템(290)을 포함하며, 이러한 오디오 서버 시스템(290)은 하나 이상의 스피커(291) 및 하나 이상의 마이크(292)를 포함함으로써, 심박출량 계산 장치(200)는 음성 작동형 기능, 예컨대 음성 인식, 음성 복제, 디지털 녹음, 및 전화 기능 등을 수행할 수 있다.
- [81] 다양한 실시예에서, 심박출량 계산 장치(200)는 주변 인터페이스(230)와 연결된 I/O 서버시스템(240)을 포함할 수 있다. 예를 들어, I/O 서버시스템(240)은 터치 스크린 제어기(241)를 통해 심박출량 계산 장치(200)에 포함된 터치 스크린(243)을 제어할 수 있다. 일 예로서, 터치 스크린 제어기(241)는 정전용량형, 저항형, 적외형, 표면 탄성과 기술, 근접 센서 어레이 등과 같은 복수의 터치 감지 기술 중 어느 하나의 기술을 사용하여 사용자의 접촉 및 움직임 또는 접촉 및 움직임을 중단할 수 있다. 다른 예를 들어, I/O 서버시스템(240)은 기타

입력 제어기(들)(242)를 통해 심박출량 계산 장치(200)에 포함된 기타 입력/제어 디바이스(244)를 제어할 수 있다. 일 예로서, 기타 입력 제어기(들)(242)은 하나 이상의 버튼, 로커 스위치(rocker switches), 썸 휠(thumb-wheel), 적외선 포트, USB 포트 및 스타일러스 등과 같은 포인터 디바이스를 제어할 수 있다.

[82]

[83] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

[84] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 트랜시버(10, 도 1))는 사용자의 심전도 및 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터를 수신할 수 있다(S302).

[85]

[86] *제1 생체 신호 데이터는 심전도 파형, 광용적맥파 파형, APCO(Arterial Pressure Based Cardiac Output) 장비를 이용하여 산출된 동맥혈압을 기초로 산출된 일회박출량을 포함할 수 있다. 일 예로, 공개된 데이터세트인 VitalDB로부터 샘플속도 100Hz로 측정된 심전도 파형과 광용적맥파 파형, 2초 간격으로 측정된 일회박출량이 수집될 수 있다.

[87] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심전도 및 광용적맥파를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여, 사용자의 제1 생체 신호 데이터를 기초로 사용자의 일회박출량을 결정할 수 있다(S304).

[88] 딥러닝 모델은 복수의 환자들에 대한 학습 데이터에 의해 학습된 딥러닝 모델일 수 있다.

[89] 복수의 환자들에 대한 학습 데이터는, 상기 광용적맥파의 1차 미분 파형인 VPG(first derivative PPG) 파형, 상기 광용적맥파의 2차 미분 파형인 APG(second derivative PPG) 파형을 포함할 수 있다. 복수의 환자들에 대한 학습 데이터는, 상기 복수의 환자들 각각의 상기 심전도로부터 추출된 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment를 포함할 수 있다. 또한, 복수의 환자들에 대한 학습 데이터는, 상기 복수의 환자들 각각의 상기 심전도 및 상기 광용적맥파로부터 추출된 PTT(Pulse Transit Time)를 포함할 수 있다. 복수의 환자들에 대한 학습 데이터는 제2 생체 신호 데이터로 지칭될 수 있다.

[90] 딥러닝 모델은 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터, 제2 생체 신호 데이터 및 상기 인구통계학 정보 데이터를 입력으로 하여 상기 사용자의 일회박출량을 결정할 수 있다. 제2 생체 신호 데이터 상기 VPG 파형, 상기 APG 파형, 상기 PR interval, 상기 QRS duration, 상기 QRS amplitude, 상기 ST segment, 상기 PTT를 포함할 수 있다.

[91]

[92] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치의 입력 데이터 및 출력 데이터를 나타낸 그래프이다.

- [93] 도 4를 참조하면, 심박출량 계산 장치의 입력 데이터와 출력 데이터를 나타낸 그래프(400)가 도시된다. 그래프(400)의 가로축은 시간(t)이며, 그래프(400)의 세로축은 일회박출량(stroke volume)이다.
- [94] 입력 데이터는 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)일 수 있다. 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)는 환자의 수술 중 수집된 생체 신호의 일부일 수 있다. 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)는 소정의 기간 동안의 파형 데이터일 수 있다.
- [95] 예시적으로, 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)는 20초 동안의 파형 데이터일 수 있다. 예시적으로, 임의의 시간 t 직전 소정의 기간 동안의 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)가 사용되어, 임의의 시간 t에서의 심박출량이 계산되고 출력될 수 있다. 소정의 기간은 20초일 수 있다.
- [96] 예시적으로, 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)는 60초 동안의 파형 데이터일 수 있다. 예시적으로, 임의의 시간 t 직전 소정의 기간 동안의 환자의 심전도(ECG) 데이터(30) 및/또는 광용적맥파(PPG) 데이터(32)가 사용되어, 임의의 시간 t에서의 심박출량이 계산되고 출력될 수 있다. 소정의 기간은 60초일 수 있다.
- [97] 출력 데이터는 일회박출량(stroke volume) 데이터(34)일 수 있다. 예시적으로, 출력 데이터는 도 4에 화살표로 표시된 타이밍과 같이 일회박출량이 변하는 시점의 값일 수 있다.
- [98] 심박출량은 일회 박출량과 심박수의 곱으로 계산될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치의 출력 데이터는 심박출량일 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 따른 심박출량 계산 장치의 출력 데이터는 일회박출량일 수 있다.
- [99]
- [100] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 방법을 나타낸 순서도이다.
- [101] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1) (또는, 트랜시버(10, 도 1))는 심전도와 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터, 인구통계학 정보 데이터 중 적어도 하나를 수신할 수 있다(S502). 제1 생체 신호 데이터는 심전도 파형 데이터, 광용적맥파 파형 데이터, APCO(Arterial Pressure Based Cardiac Output) 장비를 이용하여 산출된 동맥혈압을 기초로 산출된 일회박출량 데이터를 포함할 수 있다. 인구통계학 정보 데이터는 상기 사용자의 나이, 성별, 키, 몸무게 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [102] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 제1 생체 신호 데이터를 전처리 할 수 있다(S504).
- [103] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 제1 생체 신호 데이터를 소정의 길이로 슬라이싱하고, 슬라이싱된 상기 제1 생체 신호

데이터로부터 샘플링 데이터를 추출하고, 상기 제1 생체 신호 데이터의 노이즈 데이터를 제거할 수 있다.

- [104] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는, 수집된 심전도 파형 데이터에 대하여, 사용할 샘플 데이터 세트를 소정의 기준 내에서 선별할 수 있다.
- [105] 일 예로, 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 수집된 심전도 파형 데이터로부터 제1 기준 샘플의 후보 데이터 세트를 추출할 수 있고, 제1 기준 샘플의 후보 데이터 세트는 학습 데이터로 이용될 수 있다. 예시적으로, 제1 기준은 2 이상 및 4.5 이하일 수 있다.
- [106] 다른 예로, 비정상적인 심전도 파형은 사용할 데이터셋으로 선별하지 않기 위해 RR interval의 표준편차(standard deviation)가 30이하인 경우만 선별할 수 있다. RR interval이란 심장 박동의 R-피크(R-peak)간 간격을 의미한다.
- [107] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는, 수집된 광용적맥파 데이터에 대하여, 사용할 샘플 데이터 세트를 소정의 기준 내에서 선별할 수 있다.
- [108] 일 예로, 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 수집된 광용적맥파 파형 데이터로부터 제2 기준 샘플의 후보 데이터 세트를 추출할 수 있고, 제2 기준 샘플의 후보 데이터 세트는 학습 데이터로 이용될 수 있다. 예시적으로, 제2 기준은 0 이상 및 100 이하일 수 있다.
- [109] 다른 예로, 광용적맥파 파형의 주파수가 소정의 기준 이하로 작은 경우 이거나 광용적맥파의 파형이 불규칙하다고 판단되는 경우, 샘플 데이터 세트에서 제외될 수 있다.
- [110] 다른 예로, 광용적맥파의 비트 내부의 상관관계가 0.9 이상인 샘플의 경우 후보 데이터 세트로 선별할 수 있으며, 표준편차가 0인 경우의 샘플은 제외할 수 있다.
- [111] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는, 광용적맥파의 최소-최대 정규화를 수행할 수 있다.
- [112] 광용적맥파 측정 기기(106)로부터 측정되는 광용적맥파의 파형은, 광용적맥파 측정 기기(106)가 자체적으로 진폭을 스케일링(scaling)할 수 있다. 스케일링할 때 사용되는 스케일링 팩터(scaling factor)(들)은 사용자 입장에서 파악할 수 없으므로, 부정확한 광용적맥파의 진폭에 대한 정보를 제거하고자 최소-최대 정규화를 수행할 수 있다.
- [113] 또한, 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심전도 파형 및/또는 광용적맥파 파형에서 나타나는 신호의 잡음을 제거할 수 있다.
- [114] 일 예로, 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심전도 파형 및/또는 광용적맥파 파형에서 0.5Hz 이하의 주파수 성분은 제거할 수 있다. 다른 예로, 광용적맥파 파형에서 차단 주파수 0.5Hz 이하 및 8Hz 이상의 주파수 성분을 차단할 수 있다.

- [115] 관련하여, 도 6은 심전도 파형 및 광용적맥파 파형의 잡음의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- [116] 도 6을 참조하면, 심박출량 계산 장치(100, 도 1)가 수신한 심전도 파형 및 광용적맥파 파형을 나타낸 그래프(600)가 도시된다.
- [117] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 트랜시버(10, 도 1))는 수술실에서 수술 중 측정되는 복수의 환자들의 심전도와 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터를 수신할 수 있다. motion artifact, electrocautery, wall power 등으로 인해, 수술실에서 수집되는 심전도의 파형(60)에는 노이즈 데이터가 포함될 수 있다. motion artifact, nerve stimulation, 호흡 등으로 인해, 수술실에서 수집되는 광용적맥파의 파형(62)에는 baseline drift 등의 노이즈 데이터가 포함될 수 있다.
- [118] 다시 도 5의 S504를 참조하면, 제1 생체 신호 데이터를 전처리하는 단계는 심박출량 계산 모델(16, 도 1)의 학습에 방해되는 심전도 파형 및/또는 광용적맥파 파형에서 나타나는 신호의 잡음을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [119] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는, 수집된 일회박출량 데이터에 대하여, 사용할 샘플 데이터 세트를 소정의 기준 내에서 선별할 수 있다.
- [120] 일 예로, 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 수집된 일회박출량 데이터로부터 제3 기준 샘플의 후보 데이터 세트를 추출할 수 있고, 제3 기준 샘플의 후보 데이터 세트는 학습 데이터로 이용될 수 있다. 예시적으로, 제3 기준은 20mmHg 이상 및 200mmHg 이하일 수 있다.
- [121] APCO 장비를 이용하여 산출된 일회박출량은 동맥혈압 기반으로 산출되는 정보이기 때문에, 기록된 동맥혈압의 값이 동맥 내에 거치되지 않은 상태로 기록되었거나 동맥 내관 플러쉬(flush)로 인한 artifact 로 인한 값일 수 있으므로, 제3 기준에 따른 선별은 이를 방지하기 위함이다.
- [122] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 전처리된 생체 신호 데이터로부터 제2 생체 신호 데이터를 추출할 수 있다(S506).
- [123] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 전처리된 광용적맥파의 파형으로부터 광용적맥파의 1차 미분 파형인 VPG(first derivative PPG) 파형, 광용적맥파의 2차 미분 파형인 APG(second derivative PPG) 파형을 추출하여, 심박출량 계산 시 2차 지표로써 활용할 수 있다. VPG 파형 및/또는 APG 파형은 '제2 생체 신호 데이터'로 지칭될 수 있다.
- [124] 관련하여, 도 7은 광용적맥파 파형 및 광용적맥파 파형으로부터 추출한 2차 지표를 나타낸 그래프이다.
- [125] 도 7을 참조하면, 광용적맥파(PPG) 파형(70), VPG 파형(72) 및 APG 파형(74)을 나타낸 그래프가 도시된다.
- [126] 광용적맥파 파형의 최소-최대 정규화를 수행함으로써 부정확한 광용적맥파의 파형의 진폭에 대한 정보를 제거함에 따라 부족한 정보를 보완하기 위해, 본

발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심박출량 계산 시 광용적맥파(PPG) 파형(70) 뿐만 아니라 VPG 파형(72) 및/또는 APG 파형(74)을 추가로 활용할 수 있다.

- [127] 다시 도 5의 S506를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 전처리된 심전도 파형으로부터 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment를 추출하여 심박출량 계산 시 2차 지표로서 활용할 수 있다.
- [128] 관련하여, 도 7은 심전도 파형 및 심전도 파형으로부터 추출한 2차 지표를 나타낸 그래프이다.
- [129] 도 7을 참조하면, 심전도 파형(800), PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment를 나타낸 그래프가 도시된다.
- [130] PR interval은 심전도 상에서 P파의 시작부터 QRS 복합체의 시작까지의 시간 간격으로 정의될 수 있으며, 심장에서 신경전달이 이루어지는 시간을 의미한다. QRS duration은 심전도 상에서 QRS 복합체가 나타나는데 걸리는 시간으로 정의될 수 있으며, 심장이 수축하는 시간을 의미한다. QRS amplitude는 QRS 복합체의 최대 양극성 차이를 나타내는 것으로, 심장에서 발생하는 전기적인 활동의 세기로 심장의 상태를 진단할 수 있다. ST segment는 QRS 복합체의 끝나는 점에서 T파의 시작점까지의 시간 간격으로 정의될 수 있으며, 심장의 수축과 이완 사이에서 발생하는 양극성 변화로 심장의 상태를 진단할 수 있다.
- [131] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심박출량 계산 시 심전도 파형(800) 뿐만 아니라 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment를 추가로 활용할 수 있다. 예를 들어, 심박출량 계산 모델(16, 도 1)은 ECG로부터 추출된 2차 지표를 이용하여 심장 수축의 특성들을 학습할 수 있다.
- [132] 다시 도 5의 S506를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 전처리된 심전도 파형 및 광용적맥파로부터 PTT(Pulse Transit Time)를 추출하여 심박출량 계산 시 2차 지표로서 활용할 수 있다.
- [133] 관련하여, 도 9는 심전도 파형 및 광용적맥파 파형으로부터 추출한 2차 지표를 나타낸 그래프이다.
- [134] 도 9를 참조하면, 심전도 파형(ECG), 광용적맥파 파형(PPG), PTT(90)를 나타낸 그래프가 도시된다.
- [135] PTT(Pulse Transit Time)는 QRS 복합체의 최고점과 손가락 끝에서 측정한 PPG 파형의 일정한 기준점까지의 시간으로 정의될 수 있다. PTT는 맥박의 발생, 즉, 심장에서부터 혈액이 심장에서 수축되어 말초부위의 혈관 측정 부분까지 전달되는 시간으로 해석될 수 있다. PTT는 보다 효율적으로 혈압을 분석 및 평가하기 위해 사용되는 지표로, 혈관의 탄성도를 나타내는 지표로 사용될 수 있다.

- [136] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심박출량 계산 시 심전도 파형(ECG), 광용적맥파 파형(PPG) 뿐만 아니라 PTT(90)를 추가로 활용할 수 있다.
- [137] 다시 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 제1 생체 신호 데이터 및 제2 생체 신호 데이터를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여, 일회박출량을 추론할 수 있다(S508).
- [138] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)의 프로세서(14, 도 1)는 특정 환자에 대한 심전도 파형, 광용적맥파 파형, 심전도 파형 및/또는 광용적맥파 파형으로부터 추출한 2차 지표들, 일회박출량 정보, 나이, 성별, 키 몸무게를 포함하는 인구통계학 정보를 매칭시켜 저장할 수 있다. 저장된 상술한 데이터들은 학습데이터로 사용될 수 있다.
- [139] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)의 프로세서(14, 도 1)는 심박출량 계산 모델(16, 도 1)을 학습시킬 수 있다. 심박출량 계산 모델(16, 도 1)은 다양한 특징(feature)들을 추출하고 조합하여 획득한 가중치(Weight) 값을 갖는 딥러닝 모델일 수 있다.
- [140] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)의 프로세서(14, 도 1)는 학습 데이터를 스무딩 처리할 수 있다. 스무딩된 학습 데이터는 심박출량 계산 모델(16, 도 1)에 입력될 수 있고, 심박출량 계산 모델(16, 도 1)은 다양한 특징들을 추출하고 조합하여 가중치를 업데이트하는 방식으로 학습될 수 있다.
- [141] 심박출량 계산 장치(100, 도 1)(또는, 프로세서(14, 도 1))는 심전도 및 광용적맥파를 포함하는 생체 데이터, 일회박출량 정보, 나이, 성별, 키 몸무게를 포함하는 인구통계학 정보 및 심박출량 계산 모델(16, 도 1)을 이용하여 특정 환자의 일회박출량을 추론할 수 있다.
- [142]
- [143] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 모델의 아키텍처를 나타내는 블록도이다.
- [144] 도1 및 도 10을 참조하면, 심박출량 계산 모델(1000)은 도 1의 심박출량 계산 모델(16)에 적용될 수 있다.
- [145] 도 10을 참조하면, 심박출량 계산 모델(1000)의 입력 데이터는 심전도의 파형, 광용적맥파의 파형, VPG 파형, APG 파형을 포함하는 생체 신호 데이터(Bio signal)(1002), 나이, 성별, 키 몸무게를 포함하는 인구통계학 데이터(Demographics)(1004)를 포함할 수 있다.
- [146] 심박출량 계산 모델(1000)에 입력되는 생체 신호 데이터(Bio signal)(1002)는 소정의 기간으로 슬라이싱된 컨티뉴어스 데이터일 수 있다. 소정의 기간은 '슬라이딩 윈도우'로 지칭될 수 있다. 환자의 심전도 파형 및/또는 광용적맥파 파형은 정해진 슬라이딩 윈도우(예. 20초) 만큼 슬라이딩하면서 심박출량 계산 모델(1000)에 입력될 수 있다.

- [147] 심박출량 계산 모델(1000)의 입력 데이터는 심전도의 파형 및/또는 광용적맥파의 파형으로부터 추출된 데이터(Extracted Features)(1006)를 포함할 수 있다.
- [148] 심전도의 파형 및/또는 광용적맥파의 파형으로부터 추출된 데이터(1006)는 심전도 파형으로부터 추출된 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment와, 심전도 파형 및 광용적맥파 파형으로부터 추출된 PTT를 포함할 수 있다. 심박출량 계산 모델(1000)에 입력되는 심전도의 파형 및/또는 광용적맥파의 파형으로부터 추출된 데이터(1006)는 소정의 기간동안 계산된 값들의 평균일 수 있다. 예를 들면, 20초 또는 60초동안 계산된 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment, PTT 값 각각의 평균 값이 심박출량 계산 모델(1000)에 입력될 수 있다.
- [149] 심전도의 파형, 광용적맥파의 파형, VPG 파형, APG 파형을 포함하는 생체 신호 데이터(Bio signal)(1002)는 심박출량 계산 모델(1000) 학습을 위하여 정규화될 수 있다. 또한, 인구통계학 데이터(Demographics)(1004), 심전도의 파형 및/또는 광용적맥파의 파형으로부터 추출된 데이터(1006)는 심박출량 계산 모델(1000) 학습을 위하여 정규화될 수 있다. 따라서, 심박출량 계산 모델(1000)에는 생체 신호 데이터(Bio signal)(1002), 인구통계학 데이터(Demographics)(1004), 심전도의 파형 및/또는 광용적맥파의 파형으로부터 추출된 데이터(1006)가 정규화되어 입력될 수 있다.
- [150] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 모델(1000)은 고해상도의 생체 신호데이터(1002)를 사용하여 보다 정확한 심박출량 예측이 가능하도록 학습될 수 있다. 뿐만 아니라, 고해상도의 심전도 파형 및 광용적맥파 파형으로부터 심박출량과 관련된 2차 지표들(예. APG 파형, VPG 파형, PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment, PTT)을 추출하여 활용함으로써, 심박출량 계산 모델(1000)의 성능을 향상시킬 수 있다.
- [151] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 모델(1000)은 적어도 하나의 SE(Squeeze and Excitation) block 및 적어도 하나의 Residual block이 포함된 CNN(Convolution Neural Network) 구조를 가질 수 있다.
- [152] 예를 들어, 심박출량 계산 모델(1000)은 SE-ResNet 구조의 컨볼루션 신경망을 포함할 수 있다.
- [153] ResNet은 레이어(layer)가 깊어지면서 발생할 수 있는 기울기값 소실 문제(vanishing gradient problem)를 각 레이어의 입력과 출력의 차이인 residual을 학습시킴으로써 해소한 알고리즘으로 정의될 수 있다. SE는 정보를 압축(Squeeze)하고 자극(Excitation)시키는 연산을 수행하는 모듈로 정의될 수 있다. SE는 각 레이어를 통과한 결과인 특성 맵의 채널 간 상호 의존성을 고려하여 각 채널의 중요도를 계산하고, 중요한 채널에 가중치를 부여함으로써 재보정(recalibration)하기 위함이다.

- [154] 심박출량 계산 모델(1000)은 다수의 레이어를 거치면서 다양한 사이즈의 컨볼루션 필터를 사용하여 컨볼루션을 수행할 수 있고, 동시에 Residual learning이 수행될 수 있다. 또한, 심박출량 계산 모델(1000)은 압축(Squeeze) 연산으로 Max pooling 및/또는 GAP(Global Average Pooling)이 사용될 수 있다.
- [155] 심박출량 계산 모델(1000)은 상술한 입력 데이터들(1002, 1004, 1006) 및 SE block 및 Residual block이 포함된 학습된 CNN 구조를 이용하여 특정 환자의 일회박출량을 추론할 수 있다. 심박출량 계산 모델(1000)의 출력 데이터(1008)는 일회박출량일 수 있다. 예시적으로, 심박출량 계산 모델(1000)은 일회박출량을 8초에 한 번씩 출력할 수 있다.
- [156] 심박출량 계산 모델(1000)은 합성곱 신경망을 포함하는 어떠한 구조의 알고리즘도 해당될 수 있으며, 상술한 심박출량 계산 모델(1000)에 대한 실시예에 의해 본 발명의 기술적 범위가 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [157]
- [158] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 심박출량 계산 모델(1000)의 개발 및 학습을 위해 사용된 데이터 세트는, 특정 병원에서의 3,970건의 수술 중 수집된 심전도 및 광용적맥파를 포함하는 생체 데이터, 일회박출량 정보, 나이, 성별, 키 몸무게를 포함하는 인구통계학 정보를 포함한다.
- [159] 구체적으로, 특정 병원에서의 3,970건의 수술 중 Time series hold out 방법으로 수집된 데이터 세트는 학습 데이터 세트, 검증 데이터 세트 및 테스트 데이터 세트로 분할하였다. 학습 데이터 세트, 검증 데이터 세트 및 테스트 데이터 세트는 6:2:2의 비율로 구성하였다. 학습 데이터 세트는 2,777건의 수술 중 수집된 741,150개의 샘플들을 포함하며, 테스트 데이터 세트는 694건의 수술 중 수집된 196,686개의 샘플들을 포함한다.
- [160] 심박출량 계산 모델에서 출력된 일회박출량(즉, 예측값)과 동맥혈압을 기초로 산출된 일회박출량(즉, 실제값)의 유효성을 평가하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 모델은 Percentage Error, MAPE(mean absolute percentage error), MAE(Mean Absolute error)가 사용되었다.
- [161] Percentage error는 실제값과 예측값 간의 차이의 변동이 받아들일만한 수준인지 평가하는 지표로 해석될 수 있다.
- [162] MAPE(평균절대비율 오차, Mean absolute percentage error)는 실제 값과 예측 값 간의 오차를 백분율로 계산하고 그에 대한 평균을 의미하며, MAE를 비율로 표현한 값이다. 예를 들어, 심박출량 계산 모델의 MAE 값이 12ml/beat인 경우, 해당 모델은 평균적으로 12ml/beat을 잘못 예측한 것을 의미한다.
- [163] MAE(평균절대오차, Mean absolute error)는 실제 값과 예측 값 간의 절대 오차의 평균을 의미한다. 예를 들어, 심박출량 계산 모델의 MAPE가 12%인 경우, 실제값과 예측값의 비율이 12%정도 차이나는 것을 의미한다.
- [164] Percentage Error, MAPE 및 MAE는 낮은 값일수록 좋은 성능을 나타낸다.

[165] 본 발명의 일 실시예에 따른 심박출량 계산 모델의 성능 평가 결과는 다음의 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

[166] [표1]

	Percentage error of 10 min median (%) (10min interval)	Percentage Error (%)	MAPE (%)	MAE (ml/beat)
Result	37.6	41.5	16.1	12.2

[167] 표 1을 참조하면, 일회박출량은 실제로 자주 변하는 값이 아니기 때문에 10분 간격으로 측정된 예측값과 실제값에 median filter를 적용하여 percentage error를 계산하였고, percentage error는 37.6%로 측정되었다. 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 심박출량 계산 모델의 예측값과 실제값을 비교한 그래프들을 나타낸다.

[168] 도 11을 참조하면, 연속적인 심박출량에 대한 그래프들(1101, 1102, 1103) 및 10분 간격으로 측정된 심박출량에 대한 그래프들(1104, 1105, 1106)이 도시된다.

[169] 도 11을 참조하면, Scatter plot(1101, 1104), Bland-Altman plot(1102, 1105) 및 four quadrant plot(1103, 1106)의 형태로 실제값과 예측값의 각종 지표들을 비교하였다.

[170] Scatter plot(1101, 1104)을 참조하면, 동맥혈압을 기초로 산출된 연속적인 심박출량(Target SV(mL))과 심박출량 계산 모델에서 출력된 심박출량(Predicted SV(mL))간에 선형 관계가 있음을 확인할 수 있다.

[171] Bland-Altman plot(1102, 1105)을 참조하면, 대부분의 포인트들이 바이어스(bias) 주변에 위치하는 것을 확인할 수 있다.

[172] Bland-Altman plot은 동일 대상에 대한 두 세트의 측정값(동맥혈압을 기초로 산출된 일회박출량 및 심박출량 계산 모델에서 출력된 일회박출량)에서 각 측정값의 짝마다 평균과의 차이(mean of and difference between each pair of measurements)를 계산하여 도시한 산점도로 정의할 수 있다. Bland-Altman plot의 x축은 평균(Average of Differences(mL)), y축은 차이(Diff.of Differences(mL))를 나타낸다.

[173] Bland-Altman plot에는 x축과 평행한 세 개의 가로점선이 표시될 수 있으며, 불일치의 정도를 요약하는 값들로 해석될 수 있다. 세 개의 가로점선 중 상한선은 95% 일치한계 상한값, 중앙선은 평균과의 차이값, 하한선은 95% 일치한계 하한값을 나타낸다. 본 개시의 일 실시예에 따르면, Percentage Error는 아래의 수학식 1과 같이 계산될 수 있다.

[174] [수학식 1]

[175]
$$\text{Percentage Error} = 100 * ((1.96 * \text{SD}) / \text{mean of Stroke volume})$$

[176]

[177] 10분 간격으로 측정된 심박출량에 대한 Four quadrant plot(1106)을 참조하면, 실제값과 예측값간의 일치율(Concordance rate)이 79.2%로, 양의 상관을 갖는 포인트의 비율이 높다는 것을 확인할 수 있다.

[178]

[179] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예들을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법으로서,
 사용자의 심전도 및 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터를
 수신하는 단계;
 심전도 및 광용적맥파를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된
 딥러닝 모델을 이용하여, 상기 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터를
 기초로 상기 사용자의 일회박출량을 결정하는 단계;를 포함하는,
 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 딥러닝 모델은 복수의 환자들에 대한 학습 데이터에 의해 학습되고,
 상기 복수의 환자들에 대한 상기 학습 데이터는,
 상기 광용적맥파의 1차 미분 파형인 VPG(first derivative PPG) 파형,
 상기 광용적맥파의 2차 미분 파형인 APG(second derivative PPG) 파형을
 포함하는,
 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 복수의 환자들에 대한 상기 학습 데이터는,
 상기 복수의 환자들 각각의 상기 심전도로부터 추출된 PR interval, QRS
 duration, QRS amplitude, ST segment를 포함하는,
 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
 상기 복수의 환자들에 대한 상기 학습 데이터는,
 상기 복수의 환자들 각각의 상기 심전도 및 상기 광용적맥파로부터
 추출된 PTT(Pulse Transit Time)를 포함하는,
 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
 상기 사용자의 인구통계학 정보 데이터를 수신하는 단계를 더 포함하고,
 상기 딥러닝 모델은, 상기 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터, 제2 생체
 신호 데이터 및 상기 인구통계학 정보 데이터를 입력으로 하여 상기
 사용자의 일회박출량을 결정하도록 구성되고,
 상기 인구통계학 정보 데이터는 상기 사용자의 나이, 성별, 키, 몸무게 중
 적어도 하나를 포함하고,
 상기 제2 생체 신호 데이터는 상기 VPG 파형, 상기 APG 파형, 상기 PR
 interval, 상기 QRS duration, 상기 QRS amplitude, 상기 ST segment, 상기
 PTT를 포함하는,
 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치의 동작 방법.
- [청구항 6] 비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치로서,

메모리;

심전도와 광용적맥파를 포함하는 제1 생체 신호 데이터, 인구통계학 정보 데이터 중 적어도 하나를 수신하는 트랜시버; 및

딥러닝 모델을 포함하는 프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 제1 생체 신호 데이터를 전처리하고, 전처리된 상기 생체 신호 데이터로부터 제2 생체 신호 데이터를 추출하고, 상기 제1 생체 신호 데이터 및 상기 제2 생체 신호 데이터를 입력으로 하여 일회박출량을 출력하도록 구성된 딥러닝 모델을 이용하여 일회박출량을 추론하도록 구성되는,

비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.

[청구항 7]

제6항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제1 생체 신호 데이터를 소정의 길이로 슬라이싱하고, 슬라이싱된 상기 제1 생체 신호 데이터로부터 샘플링 데이터를 추출하고, 상기 제1 생체 신호 데이터의 노이즈 데이터를 제거하도록 추가로 구성되는,

비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.

[청구항 8]

제7항에 있어서,

상기 제2 생체 신호 데이터는,

상기 광용적맥파의 1차 미분 파형인 VPG(first derivative PPG) 파형, 상기 광용적맥파의 2차 미분 파형인 APG(second derivative PPG) 파형과,

상기 심전도로부터 추출된 PR interval, QRS duration, QRS amplitude, ST segment와,

상기 심전도 및 상기 광용적맥파로부터 추출된 PTT(Pulse Transit Time) 중 적어도 하나를 포함하는,

비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.

[청구항 9]

제8항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 광용적맥파의 최소-최대 정규화를 수행하고,

상기 광용적맥파의 상기 VPG 파형 및 상기 APG 파형을 추출하도록 추가로 구성되며,

상기 VPG 파형 및 상기 APG 파형은 상기 소정의 길이를 갖는 시계열 데이터의 형태로 상기 딥러닝 모델에 입력되는,

비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.

[청구항 10]

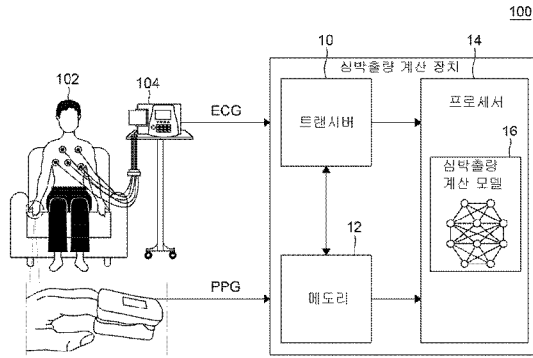
제8항에 있어서,

상기 PR interval, 상기 QRS duration, 상기 QRS amplitude, 상기 ST segment 및 상기 PTT는,

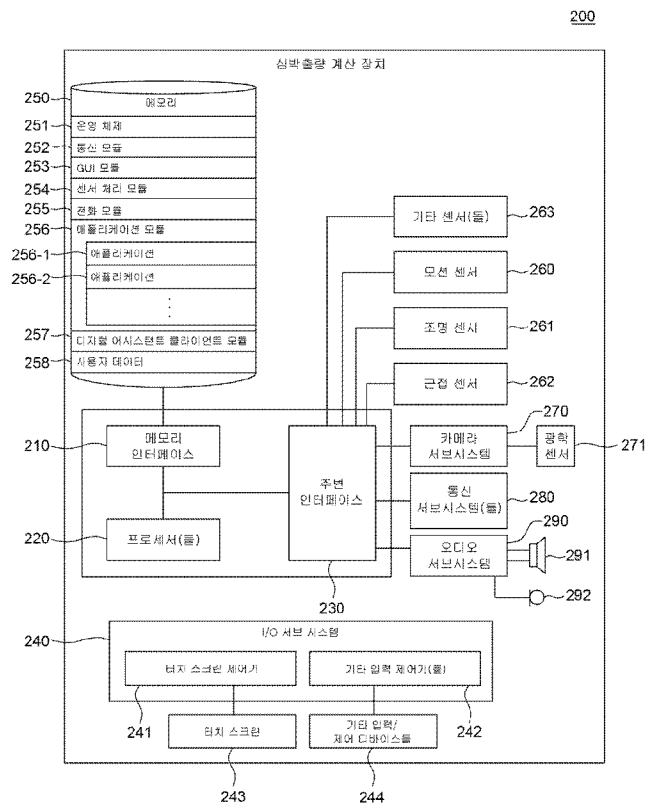
상기 소정의 길이에 대응하는 시간 동안, 복수 회 측정된 각각의 값의 평균으로 상기 딥러닝 모델에 입력되는,
비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.

- [청구항 11] 제6항에 있어서,
상기 학습 데이터는,
복수의 환자들의 상기 제1 생체 신호 데이터, 상기 제2 생체 신호 데이터, 일회박출량 데이터, 상기 인구통계학 정보 데이터를 포함하고,
상기 인구통계학 정보 데이터는 나이, 성별, 키, 몸무게 중 적어도 하나를 포함하는,
비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 메모리는,
상기 복수의 환자들 각각에 대해 매칭된 상기 학습 데이터의 세트를 저장하도록 구성되는,
비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.
- [청구항 13] 제6항에 있어서,
상기 딥러닝 모델은,
적어도 하나의 SE(Squeeze and Excitation) block 및 적어도 하나의 Residual block이 포함된 CNN(convolution Neural Network) 구조를 갖는,
비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.
- [청구항 14] 제6항에 있어서,
t초 (t는 양의 정수)에서부터 (t+n)초 (n은 양의 정수)까지의 기간에 대응되는 사용자의 상기 제1 생체 신호 데이터 및 상기 제2 생체 신호 데이터를 수신하도록 추가로 구성되는 상기 트랜시버; 및
상기 딥러닝 모델을 이용하여 상기 (t+n)초에서의 상기 사용자의 상기 일회박출량을 계산하도록 추가로 구성되는 상기 프로세서;를 포함하는,
비침습적으로 심박출량을 계산하는 장치.

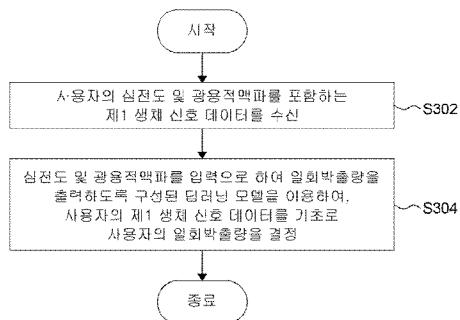
[도1]



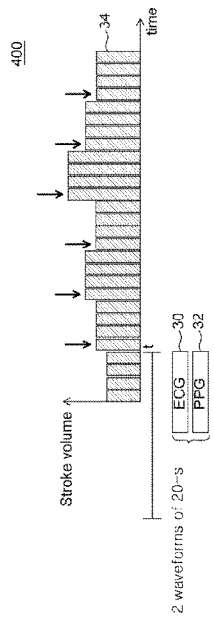
[도2]



[도3]

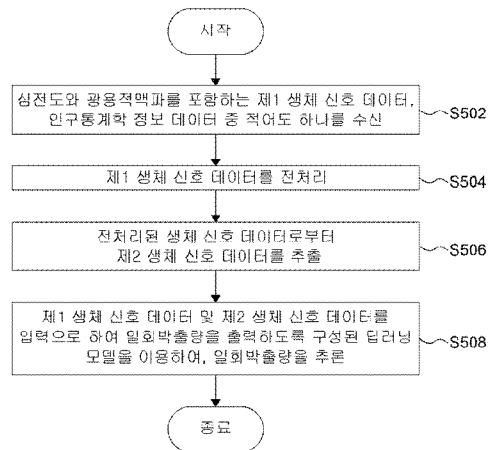


[도4]



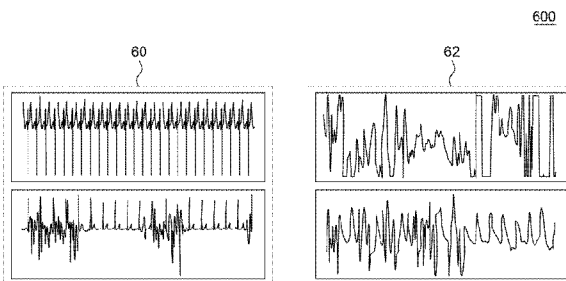
규칙 26,
13.02.2024

[도5]



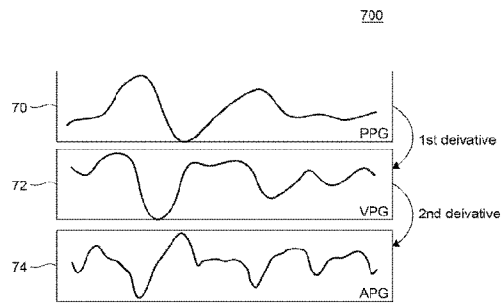
규칙 26,
13.02.2024

[도6]

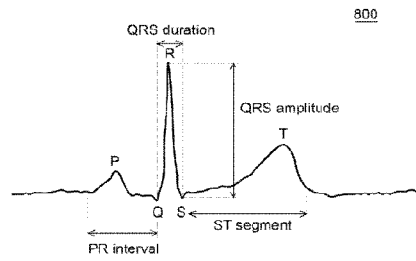


규칙 26,
13.02.2024

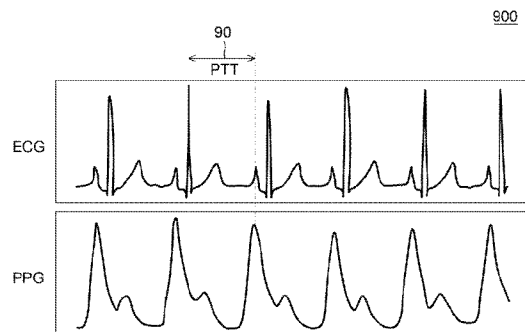
[도7]



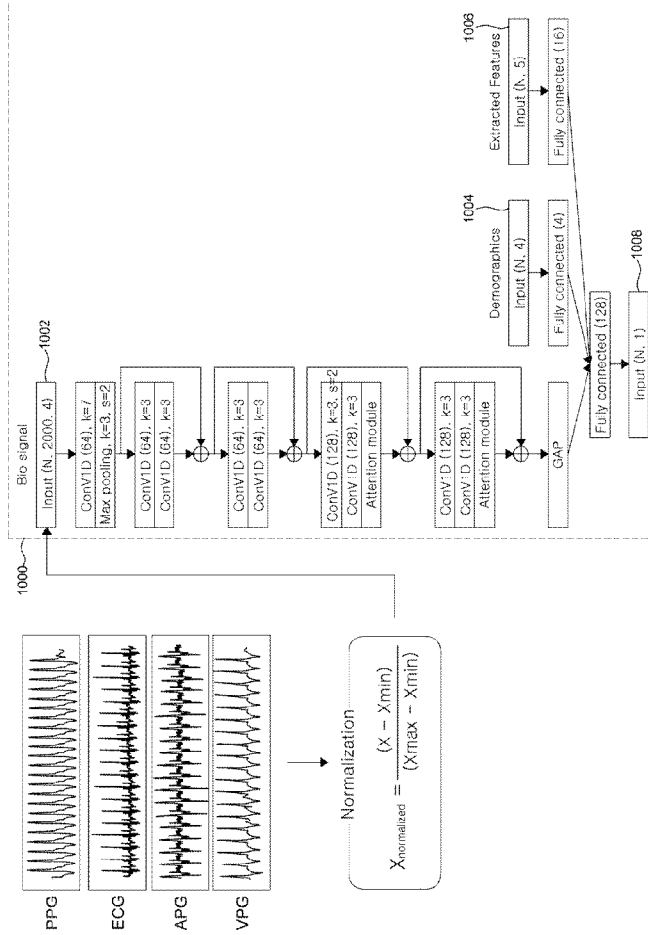
[도8]



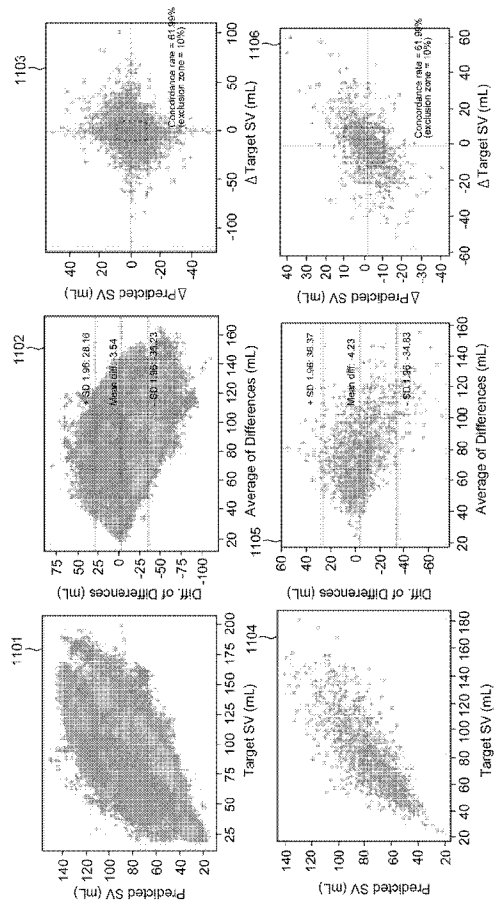
[도9]

규칙 26,
13.02.2024규칙 26,
13.02.2024규칙 26,
13.02.2024

[도 10]



[11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/019829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/029(2006.01)i; **A61B 5/00**(2006.01)i; **G16H 50/70**(2018.01)i; **G16H 50/20**(2018.01)i; **G06N 3/08**(2006.01)i;
A61B 5/021(2006.01)i; **A61B 5/349**(2021.01)i; **A61B 5/358**(2021.01)i; **A61B 5/36**(2021.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5/029(2006.01); A61B 5/00(2006.01); A61B 5/0205(2006.01); A61B 5/024(2006.01); A61B 5/053(2006.01);
A61B 5/08(2006.01); A61B 5/085(2006.01); A61B 5/1455(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 심박출량(cardiac output), 심전도(electrocardiogram), 광용적맥파
(photoplethysmography), 전처리(preprocessing), 딥러닝(deep learning)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2013-0107066 A (NUGA MEDICAL CO., LTD. et al.) 01 October 2013 (2013-10-01) See paragraphs [0034], [0039], [0081], [0091] and [0118]; claims 1-3; and figures 1-2.	1-14
A	KR 10-2018-0040400 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 20 April 2018 (2018-04-20) See paragraphs [0038]-[0064]; and figures 1a-5b.	1-14
A	KR 10-2021-0003606 A (UNIVERSITY OF ULSAN FOUNDATION FOR INDUSTRY COOPERATION et al.) 12 January 2021 (2021-01-12) See paragraphs [0031]-[0061]; and figures 1-2.	1-14
A	WO 2017-032873 A2 (RESMED SENSOR TECHNOLOGIES LIMITED) 02 March 2017 (2017-03-02) See paragraphs [0045]-[0081].	1-14
A	US 2017-0049391 A1 (MELKER, Richard J.) 23 February 2017 (2017-02-23) See paragraphs [0012]-[0018].	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“D” document cited by the applicant in the international application
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 March 2024

Date of mailing of the international search report

08 March 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

**Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208**

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/019829

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	PARK, Seong-A et al. Development of an AI model for non-invasive prediction of cardiac output. YouTube. [online]. [video]. Seoul National University Hospital. 2022 SG Healthcare AI Datathon. 04 December 2022. [Retrieved on 20 February 2024]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=quzvUkVAXBM>. See entire document. ※ This document is a known document declaring exceptions to lack of novelty by the applicant.	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2023/019829

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2013-0107066	A	01 October 2013	KR	10-1402134	B1	11 June 2014
				WO	2013-141419	A1	26 September 2013
KR	10-2018-0040400	A	20 April 2018	CN	107928643	A	20 April 2018
				CN	107928643	B	01 April 2022
				EP	3308701	A1	18 April 2018
				EP	3308701	B1	03 August 2022
				JP	2018-061826	A	19 April 2018
				JP	2021-154152	A	07 October 2021
				JP	6904796	B2	21 July 2021
				JP	7183342	B2	05 December 2022
				US	10820858	B2	03 November 2020
				US	11666277	B2	06 June 2023
				US	2018-0098731	A1	12 April 2018
				US	2021-0085246	A1	25 March 2021
KR	10-2021-0003606	A	12 January 2021	KR	10-2281745	B1	26 July 2021
				WO	2021-002656	A1	07 January 2021
WO	2017-032873	A2	02 March 2017	CN	108135534	A	08 June 2018
				CN	108135534	B	05 April 2022
				CN	114588445	A	07 June 2022
				EP	3340876	A2	04 July 2018
				EP	3838138	A2	23 June 2021
				EP	3838138	A3	15 September 2021
				JP	2018-531055	A	25 October 2018
				JP	2021-180853	A	25 November 2021
				JP	6987042	B2	22 December 2021
				JP	7284782	B2	31 May 2023
				US	2020-0297955	A1	24 September 2020
				WO	2017-032873	A3	13 April 2017
				WO	2017-032873	A4	13 July 2017
US	2017-0049391	A1	23 February 2017	EP	1883349	A2	06 February 2008
				EP	1883349	A4	08 April 2015
				EP	1883349	B1	16 December 2020
				JP	2008-538936	A	13 November 2008
				JP	5284082	B2	11 September 2013
				US	2006-0241506	A1	26 October 2006
				US	2008-0190430	A1	14 August 2008
				US	2015-0101609	A1	16 April 2015
				US	7785262	B2	31 August 2010
				US	8801620	B2	12 August 2014
				US	9370634	B2	21 June 2016
				US	9974479	B2	22 May 2018
				WO	2006-116469	A2	02 November 2006
				WO	2006-116469	A3	05 July 2007

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 5/029(2006.01)i; A61B 5/00(2006.01)i; G16H 50/70(2018.01)i; G16H 50/20(2018.01)i; G06N 3/08(2006.01)i;
A61B 5/021(2006.01)i; A61B 5/349(2021.01)i; A61B 5/358(2021.01)i; A61B 5/36(2021.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 5/029(2006.01); A61B 5/00(2006.01); A61B 5/0205(2006.01); A61B 5/024(2006.01); A61B 5/053(2006.01);
A61B 5/08(2006.01); A61B 5/085(2006.01); A61B 5/1455(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 심박출량(cardiac output), 심전도(electrocardiogram), 광용적맥파
(photoplethysmography), 전처리(preprocessing), 딥러닝(deep learning)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2013-0107066 A (주식회사 누가의료기 등) 2013.10.01 단락 [0034], [0039], [0081], [0091], [0118]; 청구항 1-3; 및 도면 1-2	1-14
A	KR 10-2018-0040400 A (삼성전자주식회사) 2018.04.20 단락 [0038]-[0064]; 및 도면 1a-5b	1-14
A	KR 10-2021-0003606 A (울산대학교 산학협력단 등) 2021.01.12 단락 [0031]-[0061]; 및 도면 1-2	1-14
A	WO 2017-032873 A2 (RESMED SENSOR TECHNOLOGIES LIMITED) 2017.03.02 단락 [0045]-[0081]	1-14
A	US 2017-0049391 A1 (RICHARD J. MELKER) 2017.02.23 단락 [0012]-[0018]	1-14

☒ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2024년03월07일(07.03.2024)

국제조사보고서 발송일

2024년03월08일(08.03.2024)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동,
정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이강하

전화번호 +82-42-481-5003

C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	SEONG-A PARK 등. Development of an AI model for non-invasive prediction of cardiac output. YouTube [online] [video]. Seoul National University Hospital, 2022 SG Healthcare AI Datation. 2022.12.04. [검색일 2024-02-20]. 출처 <https://www.youtube.com/watch?v=quzvUkVAXBM> 문서 전체 참조. ※ 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-14

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2013-0107066 A	2013/10/01	KR 10-1402134 B1	2014/06/11
		WO 2013-141419 A1	2013/09/26
KR 10-2018-0040400 A	2018/04/20	CN 107928643 A	2018/04/20
		CN 107928643 B	2022/04/01
		EP 3308701 A1	2018/04/18
		EP 3308701 B1	2022/08/03
		JP 2018-061826 A	2018/04/19
		JP 2021-154152 A	2021/10/07
		JP 6904796 B2	2021/07/21
		JP 7183342 B2	2022/12/05
		US 10820858 B2	2020/11/03
		US 11666277 B2	2023/06/06
		US 2018-0098731 A1	2018/04/12
		US 2021-0085246 A1	2021/03/25
KR 10-2021-0003606 A	2021/01/12	KR 10-2281745 B1	2021/07/26
		WO 2021-002656 A1	2021/01/07
WO 2017-032873 A2	2017/03/02	CN 108135534 A	2018/06/08
		CN 108135534 B	2022/04/05
		CN 114588445 A	2022/06/07
		EP 3340876 A2	2018/07/04
		EP 3838138 A2	2021/06/23
		EP 3838138 A3	2021/09/15
		JP 2018-531055 A	2018/10/25
		JP 2021-180853 A	2021/11/25
		JP 6987042 B2	2021/12/22
		JP 7284782 B2	2023/05/31
		US 2020-0297955 A1	2020/09/24
		WO 2017-032873 A3	2017/04/13
		WO 2017-032873 A4	2017/07/13
US 2017-0049391 A1	2017/02/23	EP 1883349 A2	2008/02/06
		EP 1883349 A4	2015/04/08
		EP 1883349 B1	2020/12/16
		JP 2008-538936 A	2008/11/13
		JP 5284082 B2	2013/09/11
		US 2006-0241506 A1	2006/10/26
		US 2008-0190430 A1	2008/08/14
		US 2015-0101609 A1	2015/04/16
		US 7785262 B2	2010/08/31
		US 8801620 B2	2014/08/12
		US 9370634 B2	2016/06/21
		US 9974479 B2	2018/05/22
		WO 2006-116469 A2	2006/11/02
		WO 2006-116469 A3	2007/07/05