



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월17일
(11) 등록번호 10-2568281
(24) 등록일자 2023년08월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/346 (2021.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/145 (2006.01) A61B 5/256 (2021.01)
A61B 5/28 (2021.01) G16H 50/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/346 (2022.01)
A61B 5/14546 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0073051

(22) 출원일자 2021년06월04일

심사청구일자 2021년06월04일

(65) 공개번호 10-2022-0164366

(43) 공개일자 2022년12월13일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020190066332 A*

KR1020190100657 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

(72) 발명자

육현

강원도 원주시 일산로 20 연세대학교 원주의과대학

에르덴바야르

강원도 원주시 일산로 20 연세대학교 원주의과대학

문병진

강원도 원주시 일산로 20 연세대학교 원주의과대학

(74) 대리인

특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이재균

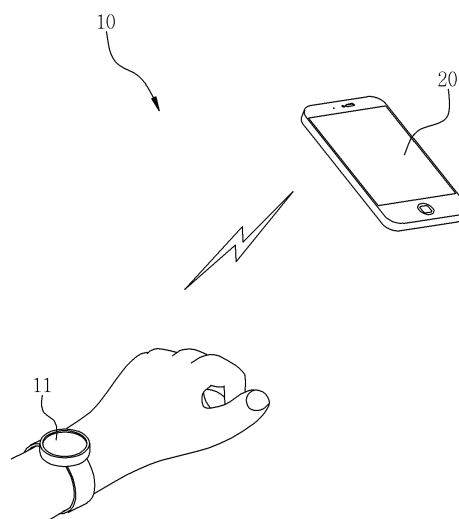
(54) 발명의 명칭 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템

(57) 요약

본 발명은 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템에 관한 것으로서, 사용자가 착용하는 것으로서, 상기 사용자의 심전도를 측정하는 스마트 밴드와, 상기 스마트 밴드에서 측정된 상기 사용자의 심전도에 대한 정보를 수집하는 정보 수집부와, 상기 정보 수집부에서 수집된 상기 사용자의 심전도를, 심전도에 따른 고칼륨 혈증을 예측하기 위해 기구축된 신경망 모델에 적용하여 해당 사용자의 고칼륨 혈증 여부를 판별하는 판별모듈을 구비한다.

본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템은 사용자가 착용한 스마트 밴드를 통해 측정된 심전도를, 구축된 신경망 모델에 적용하여 고칼륨 혈증 여부를 판별하므로 보다 용이하게 고칼륨 혈증 환자를 진단할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/256 (2021.01)

A61B 5/28 (2022.01)

A61B 5/7264 (2023.08)

A61B 5/7275 (2013.01)

G16H 50/20 (2018.01)

명세서

청구범위

청구항 1

사용자가 착용하는 것으로서, 상기 사용자의 심전도를 측정하는 스마트 밴드;

상기 스마트 밴드에서 측정된 상기 사용자의 심전도에 대한 정보를 수집하는 정보 수집부;

상기 정보 수집부에서 수집된 상기 사용자의 심전도를, 심전도에 따른 고칼륨 혈증을 예측하기 위해 기구축된 신경망 모델에 적용하여 해당 사용자의 고칼륨 혈증 여부를 판별하는 판별모듈; 및

상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 이용하여 상기 신경망 모델을 구축하고, 구축된 상기 신경망 모델을 상기 판별모듈에 제공하는 모델 구축유닛;을 구비하고,

상기 모델 구축유닛은

고칼륨 혈증의 증상이 발현된 다수의 환자의 심전도 데이터를 수집하는 데이터 수집부;

상기 데이터 수집부에서 수집된 심전도 데이터를 토대로 기계학습을 위한 훈련 데이터 세트를 생성하는 것으로서, 상기 데이터 수집부에서 수집된 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하고, 해당 비정상 상태의 데이터를 제외한 상기 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성하는 데이터 가공부; 및

상기 데이터 가공부에서 제공되는 훈련 데이터 세트를 토대로 심전도를 이용하여 고칼륨 혈증을 예측하기 위한 신경망 모델을 구축하는 모델 생성부; 및

상기 신경망 모델을 검증하기 위해 분류된 비정상 상태 또는 정상 상태의 데이터를 이용하여 해당 신경망 모델의 성능을 분석하는 검증모듈;을 구비하고,

상기 검증모듈은 상기 데이터들을 해당 신경망 모델에 입력시 해당 신경망 모델에서 비정상 상태 또는 정상 상태 중 어느 한 상태로 판별된 데이터 수와, 해당 신경망 모델에서 판별된 데이터들 중 실제 상태와 일치한 데이터 수의 비율인 정밀도 및 상기 신경망 모델에 입력된 데이터들 중 비정상 상태 또는 정상 상태 중 실제 어느 한 상태인 데이터 수와, 해당 신경망 모델에서 비정상 상태 또는 정상 상태 중 어느 한 상태로 판별된 데이터들에서 실제 상태와 일치한 데이터 수의 비율인 재현율을 산출하여 해당 신경망 모델의 성능을 분석하는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스마트 밴드는 상기 사용자의 손목에 착용되는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 데이터 수집부는 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점에서, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 수집하는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하며, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점까지의 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성하는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하며, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성하는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하며, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점에서 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 심전도 데이터 중 상기 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 제외한 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성하는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터에서 분류된 데이터들 중 무작위로 선택된 일부는 상기 훈련 데이터 세트로 분류하고, 나머지는 상기 신경망 모델을 테스트 또는 검증하기 위한 샘플 세트로 분류하는,

심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 스마트 밴드를 이용하여 사용자의 심전도를 측정하고, 측정된 심전도를 이용하여 고칼륨 혈증을 예측할 수 있는 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고칼륨혈증(Hyperkalemia)은 치명적인 심장 부정맥으로 이어질 수 있는 전해질 변위이다. 고칼륨혈증의 적절한 관리는 당뇨병, 관상 동맥 질환, 만성 신장 질환 등과 같은 고칼륨혈증 관련 질병 발생의 증가로 인해 더욱 중요해지고 있다. 고칼륨혈증과 저칼륨혈증 또는 칼륨 수치의 변동은 모두 사망 위험 증가 및 생명을 위협하는 부정맥과 관련이 있다. 신장 질환이나 심장 질환이 있는 환자에서 이환율, 입원 및 사망은 칼륨 수치의 완만한 변화를 따를 수 있다.

[0003] 한편, 체내 칼륨 농도를 측정하기 위해서는 혈액 샘플링이라는 침습적인 방법을 이용한다. 그렇기 때문에 고칼륨혈증 같은 칼륨 관련 질환을 앓고 있는 환자들이 칼륨농도를 측정하기 위해서는 병원을 방문하여 검사받아야 한다. 그러나, 치명적인 영향을 줄 수 있는 체내 칼륨농도는 상시적인 관리가 필요하지만 매번 병원 방문을 통한 측정은 병원과 환자 모두에게 불편한 일이며, 이로 인해 관리하기도 쉽지 않은 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-1756133호: 전기임피던스 측정 방식을 이용한 휴대형 스마트 소변 나트륨 및 칼륨 디지털 측정기

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위해 창안된 것으로서, 사용자가 착용한 스마트 밴드를 통해 측정된 심전도를 이용하여 해당 사용자의 고칼륨 혈증 여부를 예측할 수 있는 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템은 사용자가 착용하는 것으로서, 상기 사용자의 심전도를 측정하는 스마트 밴드와, 상기 스마트 밴드에서 측정된 상기 사용자의 심전도에 대한 정보를 수집하는 정보 수집부와, 상기 정보 수집부에서 수집된 상기 사용자의 심전도를, 심전도에 따른 고칼륨 혈증을 예측하기 위해 기구축된 신경망 모델에 적용하여 해당 사용자의 고칼륨 혈증 여부를 판별하는 판별모듈을 구비한다.

[0007] 상기 스마트 밴드는 상기 사용자의 손목에 착용되는 것이 바람직하다.

[0008] 한편, 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템은 상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 이용하여 상기 신경망 모델을 구축하고, 구축된 상기 신경망 모델을 상기 판별모듈에 제공하는 모델 구축유닛을 더 구비할 수 있다.

[0009] 상기 모델 구축유닛은 다수의 상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 수집하는 데이터 수집부와, 상기 데이터 수집부에서 수집된 심전도 데이터를 토대로 기계학습을 위한 훈련 데이터 세트를 생성하는 데이터 가공부와,

상기 데이터 가공부에서 제공되는 훈련 데이터 세트를 토대로 심전도를 이용하여 고칼륨 혈증을 예측하기 위한 신경망 모델을 구축하는 모델 생성부를 구비한다.

- [0010] 상기 데이터 수집부는 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점에서, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 수집할 수 있다.
- [0011] 상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하며, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점까지의 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성할 수 있다.
- [0012] 상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하며, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성할 수 있다.
- [0013] 상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류하며, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점에서 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 심전도 데이터 중 상기 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 제외한 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류하고, 분류된 상기 정상 상태의 데이터 및 비정상 상태의 데이터가 포함되도록 상기 훈련 데이터 세트를 생성할 수 있다.
- [0014] 상기 데이터 가공부는 상기 데이터 수집부에서 제공되는 심전도 데이터에서 분류된 데이터들 중 무작위로 선택된 일부는 상기 훈련 데이터 세트로 분류하고, 나머지는 상기 신경망 모델을 테스트 또는 검증하기 위한 샘플 세트로 분류할 수 있다.
- [0015] 한편, 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템은 상기 샘플 세트를 상기 신경망 모델에 적용하여 해당 신경망 모델의 성능을 분석하는 검증모듈을 더 구비할 수도 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템은 사용자가 착용한 스마트 밴드를 통해 측정된 심전도를, 구축된 신경망 모델에 적용하여 고칼륨 혈증 여부를 판별하므로 보다 용이하게 고칼륨 혈증 환자를 진단할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템에 대한 개념도이고,
 도 2는 도 1의 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템에 대한 블록도이고,
 도 3은 도 1의 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템의 모델 구축유닛에 대한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [0019] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

- [0020] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0022] 도 1 및 도 2에는 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템(10)이 도시되어 있다.
- [0023] 도면을 참조하면, 상기 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템(10)은 사용자가 착용하는 것으로서, 상기 사용자의 심전도를 측정하는 스마트 밴드(11)와, 상기 스마트 밴드(11)에서 측정된 상기 사용자의 심전도에 대한 정보를 수집하는 정보 수집부(12)와, 상기 정보 수집부(12)에서 수집된 상기 사용자의 심전도를, 심전도에 따른 고칼륨 혈증을 예측하기 위해 기구축된 신경망 모델에 적용하여 해당 사용자의 고칼륨 혈증 여부를 판별하는 판별모듈(13)을 구비한다.
- [0024] 스마트 밴드(11)는 도면에 도시되진 않았지만, 사용자의 신체에 착용 가능하게 형성된 착용 본체와, 상기 착용 본체에 설치되며, 고유 식별 정보 및 사용자의 개인정보가 저장된 메모리와, 사용자의 심전도를 측정하는 측정 센서와, 메모리에 저장된 정보 및 측정센서의 측정 값을 전송하기 위한 통신모듈을 구비한다.
- [0025] 착용 본체는 사용자의 손목에 착용 가능하도록 손목시계나 손목 밴드 형태로 형성될 수 있다. 한편, 착용 본체는 이에 한정하는 것이 아니라 인체에 착용하는 형태로 형성될 수 있으나, 신체에 부착할 수 있도록 하는 부착 스티커 또는 패드 형태로 형성될 수도 있다.
- [0026] 상기 메모리에는 사용자의 이름, 성별, 나이 등과 같은 개인정보와, 해당 스마트 밴드(11)를 식별하기 위한 식별정보가 저장되어 있다.
- [0027] 통신모듈은 사용자의 스마트 폰과 같은 휴대 단말기(20)와의 통신을 위한 것으로서, 저전력 동작을 위한 BLE(Bluetooth Low Energy)가 적용된다. 한편, 통신모듈은 이에 한정하는 것이 아니라 측정센서의 측정 값과 같은 데이터를 전송할 수 있는 통신수단이면 무엇이든 적용 가능하다.
- [0028] 측정센서는 사용자의 신체에 접촉할 수 있도록 착용본체에 설치되어 해당 사용자의 심전도 신호를 측정한다. 여기서, 상기 측정센서는 사용자의 심전도를 측정하기 위해 종래에 일반적으로 사용되는 심전도 측정 수단이므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0029] 정보 수집부(12)는 사용자의 휴대 단말기(20)에 설치되어 해당 휴대 단말기(20)를 통해 스마트 밴드(11)에서 전송된 사용자의 심전도에 대한 정보를 수신하고, 수신된 심전도에 대한 정보를 판별모듈(13)에 전달한다. 이때, 정보 수집부(12)는 시간 순으로 정리하여 저장하는 것이 바람직하다.
- [0030] 판별모듈(13)은 정보 수집부(12)에서 수집된 사용자의 심전도를 상기 신경망 모델에 적용하여 사용자의 고칼륨 혈증 여부를 판별한다. 여기서, 판별모듈(13)은 판별된 정보를 사용자의 휴대 단말기(20)를 통해 해당 사용자에게 표시할 수 있다. 이때, 판별모듈(13) 및 정보 수집부(12)는 휴대 단말기(20)에 설치된 어플리케이션 형태로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0031] 상술된 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템(10)은 사용자가 착용한 스마트 밴드(11)를 통해 측정된 심전도를, 구축된 신경망 모델에 적용하여 고칼륨 혈증 여부를 판별하므로 보다 용이하게 고칼륨 혈증 환자를 진단할 수 있는 장점이 있다.
- [0032] 한편, 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템(10)은 상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 이용하여 상기 신경망 모델을 구축하고, 구축된 상기 신경망 모델을 상기 판별모듈(13)에 제공하는 모델 구축유닛(100)을 더 구비할 수 있다.
- [0033] 상기 모델 구축유닛(100)은 다수의 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 수집하는 데이터 수집부(110)와, 상기 데이터 수집부(110)에서 수집된 심전도 데이터를 토대로 기계학습을 위한 훈련 데이터 세트를 생성하는 데이터

가공부(120)와, 상기 데이터 가공부(120)에서 제공되는 훈련 데이터 세트를 토대로 심전도를 이용하여 고칼륨 혈증을 예측하기 위한 신경망 모델을 구축하는 모델 생성부(130)를 구비한다.

[0034] 데이터 수집부(110)는 심전도 측정장치(미도시)를 통해 측정된 다수의 환자의 심전도 데이터를 수집한다. 해당 심전도 데이터는 환자의 신체에 부착되는 전극 수에 따라 다수의 측정 채널을 통해 복수의 심전도 데이터가 측정될 수 있다. 여기서, 심전도 측정장치는 lead I, lead II, lead III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6의 전극을 이용한 12-lead ECG(Electrocardiography)를 측정하는 장치가 적용되며, 데이터 수집부(110)는 심전도 측정장치의 각 전극에서 입력되는 심전도 데이터를 각각 수집할 수 있다. 여기서, 데이터 수집부(110)는 해당 심전도 측정장치에 연결되어 해당 심전도 데이터를 전송받을 수도 있다. 모든 12-lead 심전도 데이터는 데이터 세트를 형성하기 위해 각 섹션에서 2 시간 이내에 전해질 테스트와 일치한다. 그런 다음 데이터 수집부(110)는 샘플링 주파수가 700Hz 인 12 lead 심전도 신호의 파형을 추출하여 저장한다. 마지막으로 ECG 신호 세그먼트는 2 초의 기간이며 1,400 개의 샘플로 구성된다.

[0035] 이때, 환자는 혈장 속의 칼륨 농도가 정상치(3.7~5.3mEq/L)보다 높은 상태인 고칼륨 혈증 환자로서, 고칼륨 혈증의 증상이 발현된 환자가 적용된다. 여기서, 고칼륨 혈증의 증상은 만성 신부전, 부정맥 등이 포함된다.

[0036] 한편, 데이터 수집부(110)는 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제1기준시간 이전 시점에서, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 기설정된 제2기준시간 이후 시점까지의 상기 고칼륨 혈증 환자의 심전도 데이터를 수집하는 것이 바람직하다. 여기서, 제1 및 제2기준시간은 환자의 상태 및 구축 대상 신경망 모델의 사용처에 따라 다양하게 설정될 수 있다.

[0037] 데이터 가공부(120)는 데이터 수집부(110)에서 수집된 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터 또는 정상 상태의 데이터로 분류하여 훈련 데이터 세트를 생성한다.

[0038] 여기서, 데이터 가공부(120)는 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터들 중 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 비정상 상태의 데이터로 분류한다. 또한, 데이터 가공부(120)는 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터에서, 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 해당 제1기준시간 이전 시점까지의 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류한다.

[0039] 한편, 데이터 가공부(120)는 이에 한정하는 것이 아니라 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터들 중 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로 상기 제2기준시간 이후 시점까지의 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류할 수도 있다. 이때, 데이터 가공부(120)는 비정상 상태의 데이터로서 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터들에서 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터가 분류된다.

[0040] 한편, 데이터 가공부(120)는 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터들에서, 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 제1기준시간 이전 시점에서 해당 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점으로부터 제2기준시간 이후 시점까지의 심전도 데이터 중 상기 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터를 제외한 심전도 데이터를 정상 상태의 데이터로 분류할 수도 있다. 이때, 데이터 가공부(120)는 비정상 상태의 데이터로서 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터들에서 고칼륨 혈증의 증상 발현 시점의 심전도 데이터가 분류된다.

[0041] 다음, 데이터 가공부(120)는 상기 데이터 수집부(110)에서 제공되는 심전도 데이터에서 분류된 정상 상태의 데이터들 및 비정상 상태의 데이터들 중 무작위로 선택된 일부는 상기 훈련 데이터 세트로 분류하고, 나머지는 상기 신경망 모델을 테스트 또는 검증하기 위한 샘플 세트로 분류한다. 여기서, 샘플 세트는 신경망 모델의 성능을 검증하기 위한 검증 세트(validation set)와, 해당 신경망 모델을 테스트하기 위한 테스트 세트(test set)로 분류된다. 이때, 훈련 데이터 세트, 검증 세트 및 테스트 세트의 비율은 6:2:2가 적용되는 것이 바람직하다.

[0042] 모델 생성부(130)는 상기 데이터 가공부(120)에서 제공되는 훈련 데이터 세트를 토대로 심전도를 이용하여 고칼륨 혈증을 예측하기 위한 신경망 모델을 구축한다.

[0043] 여기서, 신경망 모델은 합성곱 신경망(CNN: Convolutional Neural Network) 모델이 적용되는데, 상기 CNN 모델은 복수의 연산 레이어(Convolutional Layer, pooling Layer)를 번갈아 수행하여 최종적으로는 입력 데이터의 특징을 추출하는 데 사용되는 계층 모델이다. 해당 신경망 모델은 데이터 가공부(120)에서 제공받은 훈련 데이터 세트를 지도학습(Supervised Learning) 기법에 따라 처리하여 기구축되어 있다.

[0044] 즉, 모델 생성부(130)는 1 차원 컨볼루션 연산, 최대 풀링 및 완전 연결 계층을 사용하여 5 계층 컨볼루션 신경망으로 해당 신경망 모델을 생성된다. 해당 신경망 모델 즉, 딥 러닝 모델의 세부 구조는 하기의 표1과 같다.

표 1

No	Layers	Activation	Filter size	Output shape	Parameter
1	batchnorm_1	=	=	1400×1	4
2	conv1D_1	relu	100@50×1	1351×100	5,100
	maxpool_1		2×1	675×100	
3	conv1D_2	relu	80@50×1	626×80	400,080
	maxpool_2		2×1	313×80	
	dropout_2		p=0.25	313×80	
4	conv1D_3	relu	60@30×1	284×60	144,060
	maxpool_3		2×1	142×60	
	dropout_3		p=0.25	142×60	
5	conv1D_4	relu	40@20×1	123×40	48,040
	maxpool_4		2×1	61×40	
	dropout_4		p=0.25	61×40	
6	conv1D_5	relu	20@10×1	52×20	8,020
	maxpool_5		2×1	26×20	
	dropout_5		p=0.25	26×20	
7	flatten_1	softmax	2	520×2	1,042
	dense_1				
Total	5 conv. layers		124 filters		606,027

[0045]

[0046]

한편, 상기 신경망 모델은 이에 한정하는 것이 아니라 환자의 심전도 데이터를 이용하여 고칼륨 혈증을 예측할 수 있는 신경망 모델이면 무엇이든 적용 가능하다.

[0047]

여기서, 모델 생성부(130)는 각 훈련 데이터 세트에 포함된 심전도 데이터가 획득된 전극별로 신경망 모델을 각각 생성할 수도 있다.

[0048]

한편, 상기 모델 구축유닛(100)은 상기 샘플 세트를 상기 신경망 모델에 적용하여 해당 신경망 모델의 정확도를 산출하는 검증모듈(140)을 더 구비할 수 있다. 상기 검증모듈(140)은 해당 신경망 모델의 정밀도 및 재현율을 산출하고, 산출된 정밀도 및 재현율을 토대로 성능을 산출한다.

[0049]

여기서, 상기 검증모듈(140)은 하기의 수학식1을 이용하여 모델 생성부(130)에서 구축된 신경망 모델의 정밀도 및 재현율을 산출한다.

수학식 1

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

[0050]

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

[0051]

여기서, precision는 신경망 모델의 정밀도이고, recall은 상기 신경망 모델의 재현율이고, TP는 참 양성이고, FP는 거짓 양성이고, FN은 거짓 음성이다.

[0053]

이때, 검증모듈(140)은 검증 세트 및 데이터 세트의 정상 상태의 데이터 또는 비정상 상태의 데이터를 각각 사용하여 해당 정밀도 및 재현율을 산출한다. 여기서, 검증모듈(140)이 비정상 상태의 데이터를 신경망 모델에 적용할 경우, TP는 참 양성으로서, 신경망 모델이 실제 비정상 상태의 데이터를 고칼륨 혈증 상태로 예측한 수이고, FP는 거짓 양성으로서, 신경망 모델이 실제 정상 상태의 데이터를 고칼륨 혈증 상태로 예측한 수이고, FN은 거짓 음성으로서, 신경망 모델이 실제 비정상 상태의 데이터를 정상 상태로 예측한 수가 적용된다.

[0054]

또한, 검증모듈(140)이 정상 상태의 데이터를 신경망 모델에 적용할 경우, TP는 참 양성으로서, 신경망 모델이 실제 정상 상태의 데이터를 정상 상태로 예측한 수이고, FP는 거짓 양성으로서, 신경망 모델이 실제 비정상 상태의 데이터를 정상 상태로 예측한 수이고, FN은 거짓 음성으로서, 신경망 모델이 실제 정상 상태의 데이터를 고칼륨 혈증 상태로 예측한 수가 적용된다.

[0055]

다음, 검증모듈(140)은 산출된 신경망 모델의 정밀도 및 재현율을 하기의 수학식 2에 적용하여 해당 신경망 모

델의 성능을 산출한다.

수학식 2

$$F1 = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

[0056]

[0057]

여기서, F1는 신경망 모델의 성능에 대한 수치이며, precision는 신경망 모델의 정밀도이고, recall은 상기 신경망 모델의 재현율이다. 이때, 검증모듈(140)은 해당 훈련 데이터 세트에 포함된 심전도 데이터가 획득된 전극 별로 해당 신경망 모델의 성능을 산출할 수도 있다. 상기 검증모듈(140)은 수학식 2에 의해 산출된 F1 즉, 신경망 모델의 성능에 대한 정보를 관리자에게 제공한다. 해당 관리자는 검증모듈(140)에서 제공되는 신경망 모델의 성능에 대한 정보를 토대로 해당 신경망 모델을 보완할 수도 있다. 한편, 검증모듈(140)은 검증 결과를 상기 사용자의 휴대 단말기(20)로 전송하여 사용자에게 판별모듈(13)의 정확성 또는 신뢰성에 대한 정보를 제공할 수 있다.

[0058]

제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0059]

10: 심전도를 이용한 고칼륨 혈증 예측 시스템

11: 스마트 밴드

12: 정보 수집부

13: 판별모듈

20: 휴대 단말기

100: 모델 구축유닛

110: 데이터 수집부

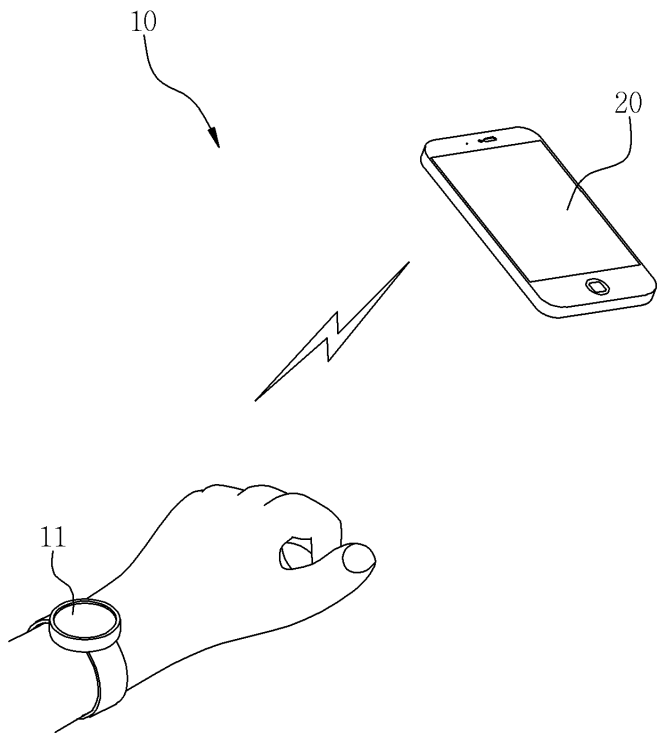
120: 데이터 가공부

130: 모델 생성부

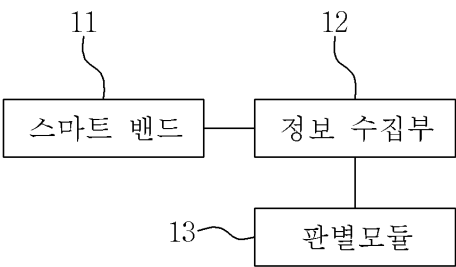
140: 검증모듈

도면

도면1



도면2



도면3

