(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0127577
(43) 공개일자 2023년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/349 (2021.01) *A61B 5/00* (2021.01)
G06N 3/08 (2023.01) *G16H 50/20* (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/349 (2022.01)
A61B 5/7264 (2023.08)
(21) 출원번호 10-2022-0025048
(22) 출원일자 2022년02월25일
심사청구일자 2022년02월25일

(71) 출원인
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
사회복지법인 삼성생명공익재단
서울특별시 용산구 이태원로55길 48 (한남동)
연세대학교 원주산학협력단
강원도 원주시 흥업면 연세대길 1
(72) 발명자
김재광
경기도 수원시 장안구 서부로 2067 삼성아파트 205-1302
지예준
서울특별시 송파구 위례광장로 170 힐스테이트송파위례 108-1402
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김준석, 박민욱

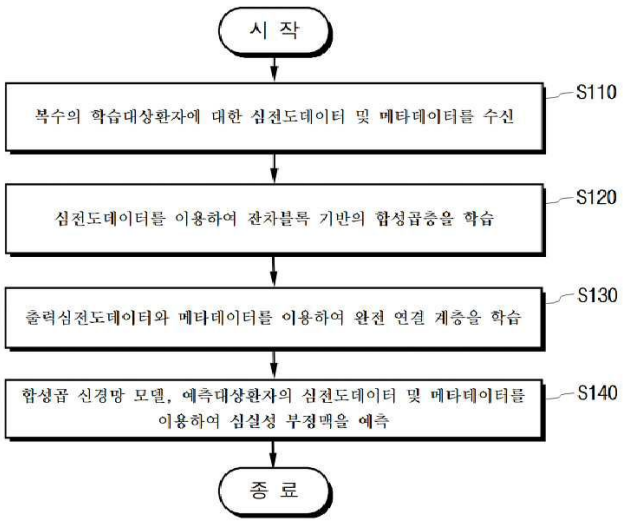
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법은 복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 단계; 상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록(Resnet Block) 기반의 합성곱층을 학습시키는 단계; 상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 합성곱층의 출력인 출력심전도데이터와 상기 메타데이터를 이용하여 상기 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층(Fully Connected Neural Network)을 학습시키는 단계; 및 상기 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 상기 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/7275 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)

(72) 발명자
이지운
서울특별시 양천구 목동서로 340 목동신시가지아파트9단지 921-402
곽영상
경기도 수원시 장안구 화산로187번길 10
곽혜빈
경상남도 창원시 마산회원구 양덕서로 30 메트로시티 109-1602
박승정
서울특별시 송파구 위례성대로 176 대림아파트 5-606
박영준
강원도 원주시 일산로 11-1 302호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711132487
과제번호	2019R1C1C1008174
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	인용망에서 효율적인 정보 추천을 위한 연결정보기반 클러스터링 기술 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	성균관대학
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711153004
과제번호	2020-0-01821-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	ICT명품인재양성(성균관대학교)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	성균관대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 단계;

상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록(Resnet Block) 기반의 합성곱층을 학습시키는 단계;

상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 합성곱층의 출력인 출력심전도데이터와 상기 메타데이터를 이용하여 상기 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층(Fully Connected Neural Network)을 학습시키는 단계; 및

상기 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 상기 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 단계와 상기 합성곱층을 학습시키는 단계의 사이에,

상기 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 1차원의 벡터 데이터로 재구성하는 단계는

상기 복수의 벡터 각각에 대하여 소정의 시간동안 측정한 심전도 측정 결과를 벡터 단위로 재구성하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 합성곱층은

직렬로 연결된 복수의 잔차블록을 포함하고,

상기 복수의 잔차블록 각각은

2번의 단위 합성곱연산을 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 단위 합성곱연산은

정규화, 활성화, 드롭아웃 및 합성곱을 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 복수의 잔차블록 각각은

상기 2번의 합성곱연산과 병렬적으로 수행되는 풀링연산을 더 포함하며, 상기 2번의 합성곱연산의 결과와 상기 풀링연산의 결과를 합하여 출력하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 메타데이터는

환자의 성별, 나이 및 질병이력 중 적어도 하나에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법.

청구항 8

복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 수신부;

상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록 기반의 합성곱층을 학습시키고, 상기 합성곱층의 출력인 출력심전도데이터와 상기 메타데이터를 이용하여 상기 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층을 학습시키는 학습부; 및

상기 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 상기 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측하는 예측부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성하는 전처리부

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 전처리부는

상기 복수의 벡터 각각에 대하여 소정의 시간동안 측정한 심전도 측정 결과를 벡터 단위로 재구성하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 합성곱층은

직렬로 연결된 복수의 잔차블록을 포함하고,

상기 복수의 잔차블록 각각은

2번의 단위 합성곱연산을 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 단위 합성곱연산은

정규화, 활성화, 드롭아웃 및 합성곱을 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 복수의 잔차블록 각각은

상기 2번의 합성곱연산과 병렬적으로 수행되는 풀링연산을 더 포함하며, 상기 2번의 합성곱연산의 결과와 상기 풀링연산의 결과를 합하여 출력하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 메타데이터는

환자의 성별, 나이 및 질병이력 중 적어도 하나에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 합성곱 신경망을 이용하여 심실성 부정맥을 예측하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 비후성 심근병증 환자는 일반인에 비해 심실성 부정맥(심실빈맥 또는 심실세동)의 발생 위험이 높고, 이러한 부정맥이 종료되지 않는 경우 돌연사로 이어질 수 있다. 제세동기 삽입을 통해 이러한 돌연사를 예방할 수 있다는 점에서 비후성 심근병증 환자에서 심실빈맥/세동의 고위험군을 사전에 선별하는 것은 중요한 의미를 가진다. 이를 가이드하기 위한 각종 임상적 지표 및 이를 이용한 위험도 예측 모델이 개발되었다.

[0003] 하지만, 이와 같은 기존의 임상적 방법은 의사의 성향에 따라서 진단 결과가 달라지기 쉬우며, 아무리 보수적인 성향을 가진 의사라고 할지라도 양성예측률이 약 10%정도 밖에 되지 않아 실제 진단에 활용되는데 어려움이 있었다.

[0004] 따라서, 환자의 심전도데이터와 메타데이터를 입력받아 합성곱 신경망을 이용함으로써 돌연사를 일으키는 심실빈맥/세동의 발생을 보다 효과적으로 예측할 수 있는 합성곱 신경망 모델을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법 및 장치에 대한 필요성이 대두되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 상술한 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 환자의 심전도데이터와 메타데이터를 이용하여 심실성 부정맥을 보다 효과적으로 예측하는 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법은 복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 단계; 상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록(Resnet Block) 기반의 합성곱층을 학습시키는 단계; 상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 합성곱층의 출력인 출력심전도데이터와 상기 메타데이터를 이용하여 상기 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층(Fully Connected Neural Network)을 학습시키는 단계; 및 상기 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 상기 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측하는 단계를 포함한다.

[0007] 바람직하게는, 상기 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 단계와 상기 합성곱층을 학습시키는 단계의 사이에, 상기 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0008] 바람직하게는, 상기 1차원의 벡터 데이터로 재구성하는 단계는 상기 복수의 벡터 각각에 대하여 소정의 시간동안 측정한 심전도 측정 결과를 벡터 단위로 재구성할 수 있다.

[0009] 바람직하게는, 상기 합성곱층은 직렬로 연결된 복수의 잔차블록을 포함하고, 상기 복수의 잔차블록 각각은 2번의 단위 합성곱연산을 포함할 수 있다.

[0010] 바람직하게는, 상기 단위 합성곱연산은 정규화, 활성화, 드롭아웃 및 합성곱을 포함할 수 있다.

[0011] 바람직하게는, 상기 복수의 잔차블록 각각은 상기 2번의 합성곱연산과 병렬적으로 수행되는 풀링연산을 더 포함하며, 상기 2번의 합성곱연산의 결과와 상기 풀링연산의 결과를 합하여 출력할 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 메타데이터는 환자의 성별, 나이 및 질병이력 중 적어도 하나에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치는 복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신하는 수신부; 상기 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 상기 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록 기반의 합성곱층을 학습시키고, 상기 합성곱층의 출력인 출력심전도데이터와 상기 메타데이터를 이용하여 상기 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층을 학습시키는 학습부; 및 상기 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 상기 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측하는 예측부를 포함한다.

[0014] 바람직하게는, 상기 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성하는 전처리부를 더 포함할 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 전처리부는 상기 복수의 벡터 각각에 대하여 소정의 시간동안 측정한 심전도 측정 결과를 벡터 단위로 재구성할 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 합성곱층은 직렬로 연결된 복수의 잔차블록을 포함하고, 상기 복수의 잔차블록 각각은 2번의 단위 합성곱연산을 포함할 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 단위 합성곱연산은 정규화, 활성화, 드롭아웃 및 합성곱을 포함할 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 복수의 잔차블록 각각은 상기 2번의 합성곱연산과 병렬적으로 수행되는 풀링연산을 더 포함하며, 상기 2번의 합성곱연산의 결과와 상기 풀링연산의 결과를 합하여 출력할 수 있다.

[0019] 바람직하게는, 상기 메타데이터는 환자의 성별, 나이 및 질병이력 중 적어도 하나에 관한 정보를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명은 환자의 심전도데이터와 메타데이터을 이용하는 합성곱 신경망 기법을 통해, 기존의 임상적 지표 및 위험도 예측 모델을 이용하여 심실성 부정맥을 예측하는 경우보다 매우 우수한 양성예측율을 제공할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치의 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망 모델의 전체 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록(ResnetBlock)을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법의 검증 결과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 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.

[0023] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0024] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 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 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 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.

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 설명한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0028] 단계 S110에서는, 심실성 부정맥 예측 장치가 복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신한다.

[0029] 여기서, 심전도데이터(Electrocardiogram; ECG)은 심장의 전기적 활동을 분석하여 파장 형태로 기록한 데이터이다. 심전도데이터에 나타나는 파형은 P, QRS Complex, T, U 등이 있다.

[0030] 또한, 메타데이터는 심실성 부정맥 예측의 정확도를 높이기 위하여 이용되는 데이터로서 환자 개인에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[0031] 다른 실시예에서는, 메타데이터는 환자의 성별, 나이 및 질병이력 중 적어도 하나에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[0032] 즉, 심실성 부정맥 예측 장치는 심전도데이터 뿐만 아니라 환자의 성별, 나이 및 질병이력 등과 같은 메타데이터를 함께 이용함으로써, 예측의 정확도를 높일 수 있다.

[0033] 단계 S120에서는, 심실성 부정맥 예측 장치가 그 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록(Resnet Block) 기반의 합성곱층을 학습시킨다.

[0034] 이때, 합성곱 신경망 모델은 다수의 잔차블록을 포함하는 합성곱층과 그 합성곱층의 마지막에 연결된 완전 연결계층을 포함할 수 있다.

[0035] 일반적으로 시계열의 데이터를 처리할 때 트랜스포머 또는 LSTM기반 모델을 사용할 수 있다. 하지만, 그와 같은 모델을 사용하게 되면 시간에 따른 특징을 뽑아내서 볼 수 있다는 장점이 있는 반면에, 기본적으로 모델의 크기가 커지고, 학습 시 배치를 사용하지 못하여 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

[0036] 또한, 심전도데이터의 특성상 측정 시간이나 길이가 일정하기 때문에, 시계열적인 특징을 이용하는 것보다 데이터 전체의 특징을 포함하도록 하는 것이 바람직할 수 있다.

[0037] 수신된 심전도데이터와 메타데이터 중에서, 심전도데이터를 310의 경로로 입력하여, 합성곱 신경망 모델에 포함된 합성곱층을 학습시킬 수 있다.

[0038] 다른 실시예에서는, 합성곱층은 직렬로 연결된 복수의 잔차블록을 포함하고, 그 복수의 잔차블록 각각은 2번의 단위 합성곱연산을 포함할 수 있다.

[0039] 예컨대, 도 3을 참조하면, 심실성 부정맥 예측 장치는 총 16개의 잔차블록을 포함할 수 있다. 또한, 도 4를 참조하면, 첫 번째 잔차블록을 제외한 나머지 15번의 반복되는 잔차블록(330)은 각각 2번의 합성곱연산(332, 334)을 내부에 포함하고 있어, 비선형 패턴을 학습하면서도 모델의 일반화 성능을 높일 수 있다. 이때, 한 블록안

에서 합성곱의 필터 크기는 $2^{(깊이/4)*32}$로 모델의 깊이가 깊어질수록 수용 필드가 커지고, 각각 1, 2에 해당하는 스트라이드(stride)를 가질 수 있다.

[0040] 또 다른 실시예에서는, 단위 합성곱연산은 정규화, 활성화, 드롭아웃 및 합성곱을 포함할 수 있다.

[0041] 즉, 도 4를 참조하면, 단위 합성곱연산(332, 334)은 정규화(BatchNorm), 활성화(Relu), 드롭아웃(dropout), 합성곱(Conv1d)을 포함할 수 있다. 이를 통해, 배치의 정규화를 통해 학습의 속도를 향상시켜 local minimum에 빠지지 않게 하였으며, 드롭아웃 기법을 적용하여 학습하는 과정에서 과적합이 되는 것을 방지할 수 있다.

[0042] 또 다른 실시예에서는, 복수의 잔차블록 각각은 그 2번의 합성곱연산과 병렬적으로 수행되는 풀링연산을 더 포함하며, 그 2번의 합성곱연산의 결과와 풀링연산의 결과를 합하여 출력할 수 있다.

[0043] 즉, 도 4를 참조하면, 잔차블록은 2번의 단위 합성곱연산(332, 334)과 병렬로 수행되는 풀링연산(Maxpooling, 336)을 더 포함하고, 그 2번의 합성곱연산의 결과와 풀링연산의 결과가 합해진 결과를 출력(338)할 수 있다. 그 결과, 잔차블록은 Maxpooling을 통해서 본래의 값을 어느정도 유지시켜 줌으로써 학습에 안정성을 확보할 수 있다.

[0044] 단계 S130에서는, 심실성 부정맥 예측 장치가 그 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 합성곱층의 출력인 출력 심전도데이터와 메타데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층(Fully Connected Neural Network)을 학습시킨다.

[0045] 이때, 출력심전도데이터는 수신된 심전도데이터를 합성곱 신경망 모델에 포함된 합성곱층에 입력한 후 출력되는 결과로, 심전도데이터에서 추출된 특징을 포함할 수 있다. 즉, 심실성 부정맥 예측 장치는 그 출력심전도데이터와 메타데이터를 완전 연결 계층에 입력하여 학습시킬 수 있다. 이를 위해, 심실성 부정맥 예측 장치는 메타데이터를 320의 경로로 입력하여 출력심전도데이터와 연결(340)한 후, 완전 연결 계층을 학습시킬 수 있다.

[0046] 마지막으로 단계 S140에서는, 심실성 부정맥 예측 장치가 그 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 그 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측한다.

[0047] 즉, 심실성 부정맥 예측 장치는 학습이 완료된 합성곱 신경망 모델에 심실성 부정맥을 예측하고자 하는 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 입력하여 심실성 부정맥을 예측할 수 있다.

[0048] 이를 위해, 심실성 부정맥 예측 장치는 심전도데이터를 310의 경로로 입력하고, 메타데이터를 320의 경로로 입력할 수 있다. 그 후, 심실성 부정맥 예측 장치는 완전 연결 계층을 통해 그 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측할 수 있다.

[0049] 다른 실시예에서는, 심실성 부정맥 예측 장치가 단계 S110과 단계 S120의 사이에서, 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성할 수 있다.

[0050] 즉, 심실성 부정맥 예측 장치는 심전도데이터가 합성곱 신경망 모델을 학습시키는데 적절한 형태가 되도록 변형하여 1차원의 벡터 데이터로 재구성할 수 있다.

[0051] 또 다른 실시예에서는, 심실성 부정맥 예측 장치가 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성할 때, 그 복수의 벡터 각각에 대하여 소정의 시간동안 측정한 심전도 측정 결과를 벡터 단위로 재구성할 수 있다.

[0052] 예컨대, 심실성 부정맥 예측 장치는 심전도데이터를 구성하는 벡터가 총 12개일 때, 각 벡터를 10초동안 500Hz로 측정할 수 있다. 이때, 각 벡터는 총 5,000의 길이를 가지게 되며, 12개의 벡터를 이어붙여 재구성하면 총 60,000의 길이를 가지는 새로운 벡터로 재구성할 수 있다.

[0053] 한편, 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 방법의 검증 결과가 나타나 있다.

[0054] 이때, 총 환자수 2,588명 중에서 심실성 부정맥이 발생하지 않은 환자는 2,545명이고, 심실성 부정맥이 발생한 환자는 43명이다. 또한, 심전도데이터의 총 개수는 4,378개 중에서 심실성 부정맥이 아닌 데이터가 4,179개이고, 심실성 부정맥인 데이터가 199개이다.

[0055] 위 데이터에 대하여 전통적인 방법으로 5년 평균 위험도를 계산하여 6%이상인 경우를 심실성 부정맥으로 판단한 경우 Precision에 해당하는 양성예측율이 10%로 계산되었으며, 이는 비슷한 규모의 다른 연구들과도 비슷한 수

치이다.

[0056] 하지만, 도 5를 참조하면, 본 발명의 방법은 약 0.446의 양성예측률을 보이므로 전통적인 방법에 비하여 약 340배 성능 향상을 나타낸다.

[0057] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치의 블록도이다.

[0058] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치(200)는 수신부(210), 학습부(220) 및 예측부(230)를 포함한다. 또한, 선택적으로 전처리부(미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0059] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 심실성 부정맥 예측 장치(200)는 데스크탑PC, 노트북PC, 스마트폰, 태블릿PC 및 서버컴퓨터 등과 같은 컴퓨팅 장치에 탑재될 수 있다.

[0060] 수신부(210)는 복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신한다.

[0061] 다른 실시예에서는, 메타데이터는 환자의 성별, 나이 및 질병이력 중 적어도 하나에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[0062] 학습부(220)는 복수의 학습대상환자 각각에 대하여, 심전도데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 잔차블록 기반의 합성곱층을 학습시키고, 그 합성곱층의 출력인 출력심전도데이터와 메타데이터를 이용하여 합성곱 신경망 모델에 포함된 완전 연결 계층을 학습시킨다.

[0063] 다른 실시예에서는, 합성곱층은 직렬로 연결된 복수의 잔차블록을 포함하고, 그 복수의 잔차블록 각각은 2번의 단위 합성곱연산을 포함할 수 있다.

[0064] 또 다른 실시예에서는, 단위 합성곱연산은 정규화, 활성화, 드롭아웃 및 합성곱을 포함할 수 있다.

[0065] 또 다른 실시예에서는, 복수의 잔차블록 각각은 그 2번의 합성곱연산과 병렬적으로 수행되는 풀링연산을 더 포함하며, 그 2번의 합성곱연산의 결과와 풀링연산의 결과를 합하여 출력할 수 있다.

[0066] 예측부(230)는 그 학습된 합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 그 예측대상환자의 심실성 부정맥을 예측한다.

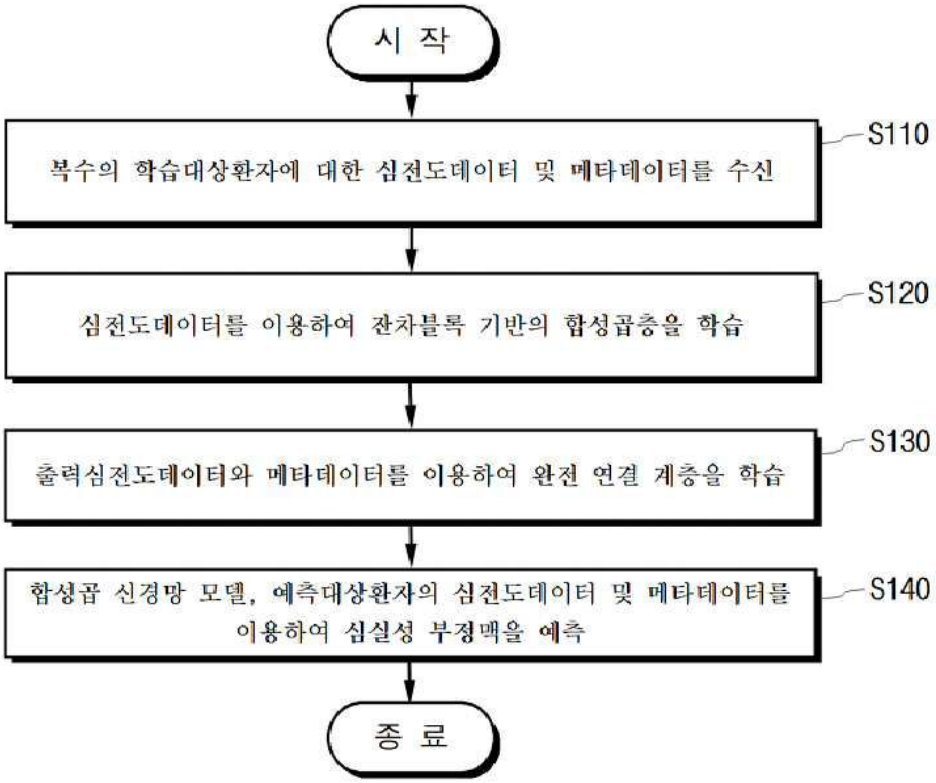
[0067] 전처리부(미도시)는 심전도데이터를 구성하는 복수의 벡터를 1차원의 벡터 데이터로 재구성한다.

[0068] 다른 실시예에서는, 전처리부는 복수의 벡터 각각에 대하여 소정의 시간동안 측정한 심전도 측정 결과를 벡터 단위로 재구성할 수 있다.

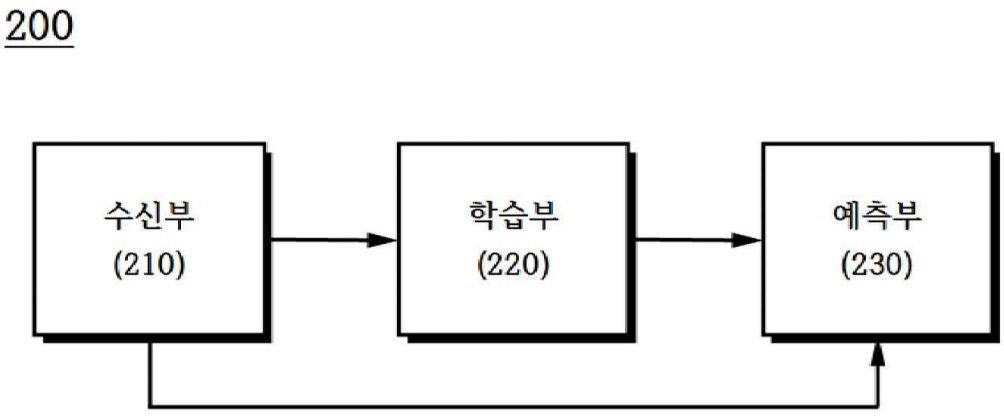
[0069] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 사람이라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 실행된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

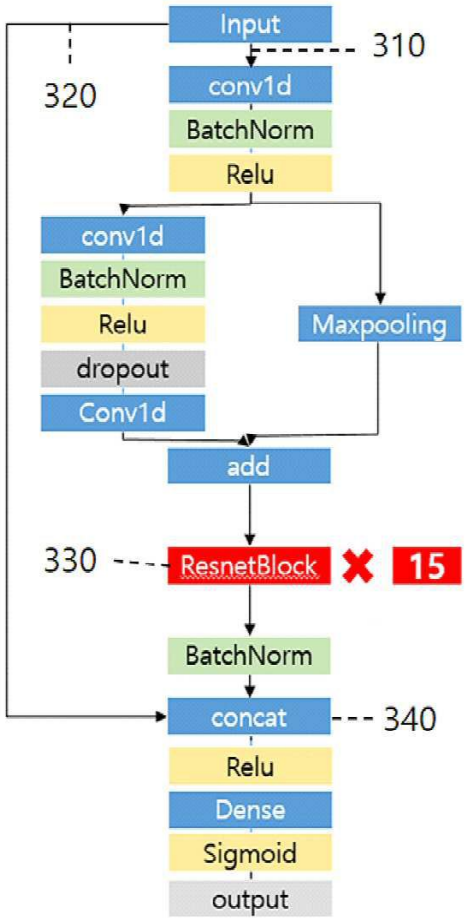
도면1


시 작
복수의 학습대상환자에 대한 심전도데이터 및 메타데이터를 수신
S110
심전도데이터를 이용하여 잔차블록 기반의 합성곱층을 학습
S120
출력심전도데이터와 메타데이터를 이용하여 완전 연결 계층을 학습
S130
합성곱 신경망 모델, 예측대상환자의 심전도데이터 및 메타데이터를 이용하여 심실성 부정맥을 예측
S140
종 료

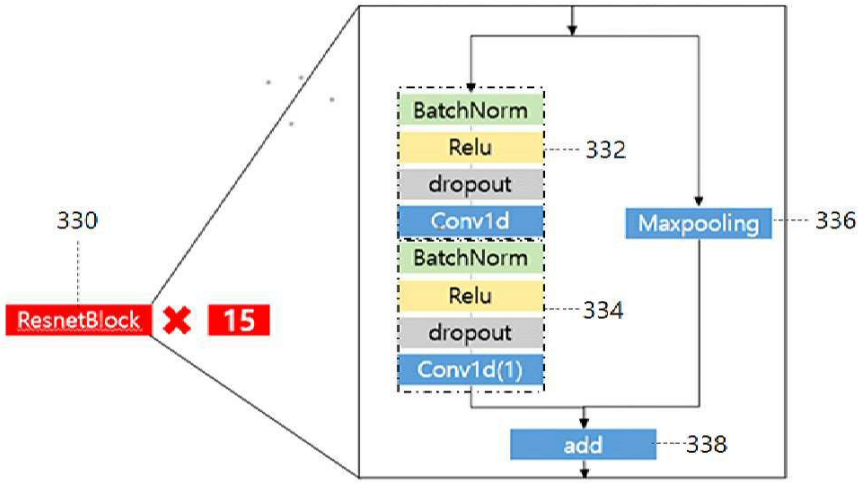
도면2


200
수신부
(210)
학습부
(220)
예측부
(230)

도면3


Input
310
320
conv1d
BatchNorm
Relu
conv1d
BatchNorm
Relu
dropout
Conv1d
Maxpooling
add
330
ResnetBlock
15
BatchNorm
concat
340
Relu
Dense
Sigmoid
output

도면4


330
ResnetBlock
15
BatchNorm
Relu
332
dropout
Conv1d
BatchNorm
Relu
334
dropout
Conv1d(1)
Maxpooling
336
add
338

도면5

Measure	Value
Accuracy	0.904
Precision	0.446
Recall	0.334
AUC	0.703