



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월19일
(11) 등록번호 10-2078525
(24) 등록일자 2020년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/02 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/02 (2013.01)
A61B 5/7264 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0156212
(22) 출원일자 2017년11월22일
심사청구일자 2017년11월22일
(65) 공개번호 10-2019-0058858
(43) 공개일자 2019년05월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020050108222 A*
KR1020100128083 A*
KR1020170064960 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서울대학교병원
서울특별시 종로구 대학로 101(연건동)
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
서정원
경기도 성남시 분당구 구미로173번길 82 분당서울대학교병원 사내
강시혁
경기도 성남시 분당구 구미로173번길 82 분당서울대학교병원 사내
(뒀면에 계속)
(74) 대리인
특허법인임엔정

전체 청구항 수 : 총 8 항

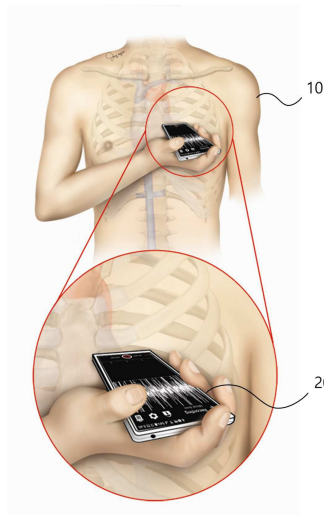
심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 스마트장치를 이용한 심혈관 질환의 진단정보 제공방법 및 이를 위한 심음 애플리케이션

(57) 요약

일반인이 스마트장치를 이용하여 편리하게 심혈관 질환을 자기진단할 수 있는 진단정보 제공방법 및 이를 위한 심음 애플리케이션이 제공된다. 이 진단정보 제공방법은, 외부로부터 입력받은 다수의 샘플 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고, 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망(CNN)을 이용해 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시키고, 진단하고자 하는 환자로부터 직접 심음을 녹음하고, 녹음된 환자 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고, 환자 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망을 이용해 심음패턴 중 어느 하나로 분류하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/7275 (2013.01)

(72) 발명자

신인식

대전광역시 유성구 대학로291(구성동) 한국과학기술원 사내

조병길

대전광역시 유성구 대학로291(구성동) 한국과학기술원 사내

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

심음 애플리케이션 소프트웨어가 설치되어 있는 스마트장치를 이용한 심혈관 질환의 진단정보 제공방법으로서, 스마트 장치가:

외부로부터 입력받은 다수의 샘플 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고(상기 이미지 데이터는 시간 축과 주파수 축을 기준으로 상기 샘플 심음 데이터의 심음 진폭 변화를 색상의 차이로 구분하여 2차원으로 가시화한 이미지 데이터임), 상기 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망(CNN)을 이용해 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시키고,

진단하고자 하는 환자로부터 직접 심음을 녹음하고, 녹음된 환자 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고(상기 이미지 데이터는 시간 축과 주파수 축을 기준으로 상기 환자 심음 데이터의 심음 진폭 변화를 색상의 차이로 구분하여 2차원으로 가시화한 이미지 데이터임), 상기 환자 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망을 이용해 상기 심음패턴 중 어느 하나로 분류하는 단계를 포함하는, 심혈관 질환의 진단정보 제공방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 환자 심음 데이터로부터 상기 스마트장치에 의한 열잡음을 제거하되, 상기 환자 심음 데이터에서 소정의 시간 윈도우마다 음압을 측정된 후 상기 음압 중 하위 소정의 비율에 해당하는 시간 윈도우를 열잡음으로 정의하여 제거하는 것을 특징으로 하는 심혈관 질환의 진단정보 제공방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 환자의 심음을 녹음하는 것은, 상기 스마트장치의 화면 상에 측정 화면을 표시하고(상기 측정 화면에는 복수의 심음 측정 부위가 표시됨), 상기 스마트장치의 입력수단이 상기 측정 화면 상의 상기 심음 측정 부위 중 어느 하나에 대한 선택 이벤트를 생성하면 상기 측정 화면은 녹음 화면으로 전환되고, 상기 스마트장치가 상기 심음 측정 부위에 대응하는 상기 환자의 신체에 근접하여 심음을 녹음하면 녹음된 심음이 해석가능한지 여부를 판단하여 알람 이벤트를 생성하는 것을 포함하는 심혈관 질환의 진단정보 제공방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 사전에 정의된 복수의 심음패턴은 정상 심음, 제3 심음(S3), 제4 심음(S4), 수축기 잡음(systolic murmur), 확장기 잡음(diastolic murmur), 또는 이들의 조합을 포함하는 심혈관 질환의 진단정보 제공방법.

청구항 5

심혈관 질환의 진단정보를 제공하는 스마트장치와 결합되어,

외부로부터 입력받은 다수의 샘플 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고(상기 이미지 데이터는 시간 축과 주파수 축을 기준으로 상기 샘플 심음 데이터의 심음 진폭 변화를 색상의 차이로 구분하여 2차원으로 가시화한 이미지 데이터임), 상기 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망(CNN)을 이용해 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시키고,

진단하고자 하는 환자로부터 직접 심음을 녹음하고, 녹음된 환자 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고(상기 이미지 데이터는 시간 축과 주파수 축을 기준으로 상기

환자 심음 데이터의 심음 진폭 변화를 색상의 차이로 구분하여 2차원으로 가시화한 이미지 데이터입), 상기 환자 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망을 이용해 상기 심음패턴 중 어느 하나로 분류하는 단계를 실행시키기 위하여 매체에 저장된 심음 애플리케이션.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 환자 심음 데이터로부터 상기 스마트장치에 의한 열잡음을 제거하되, 상기 환자 심음 데이터에서 소정의 시간 윈도우마다 음압을 측정된 후 상기 음압 중 하위 소정의 비율에 해당하는 시간 윈도우를 열잡음으로 정의하여 제거하는 것을 특징으로 하는 매체에 저장된 심음 애플리케이션.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 환자의 심음을 녹음하는 것은, 상기 스마트장치의 화면 상에 측정 화면을 표시하고(상기 측정 화면에는 복수의 심음 측정 부위가 표시됨), 상기 스마트장치의 입력수단이 상기 측정 화면 상의 상기 심음 측정 부위 중 어느 하나에 대한 선택 이벤트를 생성하면 상기 측정 화면은 녹음 화면으로 전환되고, 상기 스마트장치가 상기 심음 측정 부위에 대응하는 상기 환자의 신체에 근접하여 심음을 녹음하면 녹음된 심음이 해석가능한지 여부를 판단하여 알람 이벤트를 생성하는 것을 포함하는 매체에 저장된 심음 애플리케이션.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 사전에 정의된 복수의 심음패턴은 정상 심음, 제3 심음(S3), 제4 심음(S4), 수축기 잡음(systolic murmur), 확장기 잡음(diastolic murmur), 또는 이들의 조합을 포함하는 매체에 저장된 심음 애플리케이션.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 심혈관 질환의 진단정보 제공방법 및 이를 위한 심음 애플리케이션으로서, 더욱 상세하게는 스마트장치를 이용한 심혈관 질환의 진단정보 제공방법 및 이를 위한 심음 애플리케이션에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 심혈관 질환은 전세계 사망자의 31.5%를 차지하는 가장 흔한 사망 원인 중 하나이다. 2015년 미국을 기준으로 9,210만 명의 성인이 심혈관 질환을 앓고 있으며, 2030년까지 성인 인구의 43.9%가 심혈관 질환을 앓게 되리라 예상되고 있다. 1816년 르네 라에네크(Rene Laennec)가 발명한 청진기는 심장병 환자의 신체 검사에 중요한 역할을 해오고 있다. 심장 판막의 개폐 및 판막을 통한 혈류는 특유의 진동을 발생하고, 청진기를 통해 이를 파악하는 것이다. 청진기를 이용해 심장 청진을 하면 심장 판막이나 심장 내 결함에 따른 혈액학적 평가를 할 수 있기 때문에 오랜 기간 심장학에서 검사 및 진단 도구로 사용되고 있다.

[0003] 최근 들어 초음파 장치와 같은 하이테크 장치들이 청진기의 역할을 일부 대체하고 있지만, 사용 및 보관의 편리성과 함께 정확한 진단을 이유로 청진기의 유용성은 여전히 유효하다. 이처럼 청진기는 매우 유용한 도구이기는 하지만, 전문지식이 없는 일반인이 자가진단을 위해 사용하기에는 사실상 불가능하다.

[0004] 한편, 현대인에 있어 스마트 폰은 없어서는 안될 정도로 널리 보급되어 있다. 2015년을 기준으로 미국인의 64%, 한국인의 88%가 스마트 폰을 소유하고 있다고 알려져 있다. 스마트 폰의 보급과 함께 현재까지 다양한 건강관리 애플리케이션이 개발되어 있는데, 예를 들어 심박수 또는 칼로리 소비 측정 애플리케이션 등이 주를 이루고 있다. 하지만 아직까지 전문의학적지식을 필요로 하는 자가진단 애플리케이션은 전무한 상태이다. 가장 큰 이유로는 의사의 소견 없이 스마트 폰 애플리케이션만으로 정확한 진단을 내리기 어렵기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 일반인이 스마트장치를 이용하여 편리하게 심혈관 질환을 자기진단할 수 있는 진단정보 제공방법을 제공하고자 하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 이를 위한 심음 애플리케이션을 제공하고자 하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 심혈관 질환의 진단정보 제공방법은, 심음 애플리케이션 소프트웨어가 설치되어 있는 스마트장치를 이용한 심혈관 질환의 진단정보 제공방법으로서, 외부로부터 입력 받은 다수의 샘플 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고, 상기 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망(CNN)을 이용해 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시키고, 진단하고자 하는 환자로부터 직접 심음을 녹음하고, 녹음된 환자 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고, 상기 환자 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망을 이용해 상기 심음패턴 중 어느 하나로 분류하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 환자 심음 데이터로부터 상기 스마트장치에 의한 열잡음을 제거하되, 상기 환자 심음 데이터에서 소정의 시간 윈도우마다 음압을 측정된 후 상기 음압 중 하위 소정의 비율에 해당하는 시간 윈도우를 열잡음으로 정의하여 제거할 수 있다.

[0010] 상기 환자의 심음을 녹음하는 것은, 상기 스마트장치의 화면 상에 측정 화면을 표시하고(상기 측정 화면에는 복수의 심음 측정 부위가 표시됨), 상기 스마트장치의 입력수단이 상기 측정 화면 상의 상기 심음 측정 부위 중 어느 하나에 대한 선택 이벤트를 생성하면 상기 측정 화면은 녹음 화면으로 전환되고, 상기 스마트장치가 상기 심음 측정 부위에 대응하는 상기 환자의 신체에 근접하여 심음을 녹음하면 녹음된 심음이 해석가능한지 여부를 판단하여 알람 이벤트를 생성하는 것을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 사전에 정의된 복수의 심음패턴은 정상 심음, 제3 심음(S3), 제4 심음(S4), 수축기 잡음(systolic murmur), 확장기 잡음(diastolic murmur), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 심음 애플리케이션은, 심혈관 질환의 진단정보를 제공하는 스마트장치와 결합되어, 외부로부터 입력받은 다수의 샘플 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고, 상기 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망(CNN)을 이용해 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시키고, 진단하고자 하는 환자로부터 직접 심음을 녹음하고, 녹음된 환자 심음 데이터를 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 이미지 데이터로 변환하고, 상기 환자 심음 데이터의 이미지 데이터에서 심음에 대응하는 이미지 객체를 컨볼루션 신경망을 이용해 상기 심음패턴 중 어느 하나로 분류하는 단계를 실행시키기 위하여 매체에 저장된다.

[0013] 상기 샘플 심음 데이터 또는 상기 환자 심음 데이터 중 심음 1주기에 대응하는 이미지 데이터를 추출하고 컨볼루션 신경망을 이용하여 각 주기의 이미지 데이터를 기계학습시킬 수 있다.

[0014] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 구체적인 내용 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0015] 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 심혈관 질환의 진단정보 제공방법 및 이를 위한 심음 애플리케이션에 의하면, 별도의 외장 마이크를 사용하지 않고 스마트장치의 내장 마이크만을 이용하더라도 높은 정확도로 심혈관 질환을 진단할 수 있다. 본 발명에서는 내장 마이크로 녹음된 심음으로부터 신뢰성 있는 진단 결과를 얻기 위하여, 첫째 스펙트럼 감산(spectral subtraction)과 고속푸리에변환(fast Fourier transform) 알고리즘을 이용하여 스마트장치 자체에서 발생하는 열잡음(thermal noise)을 제거하였고, 둘째 심음 데이터에 대하여 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network: CNN)을 기반한 기계학습을 시켜 심음패턴을 분류하였고, 셋째 컨볼루션 신경망을 이용할 때 심음 데이터(즉, 오디오 데이터)를 그대로 사용하지 않고 시간 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭이 가시화된 2차원 이미지 데이터로 변환한 후 이를 이용하여 기계학습을 진행하였다.

[0016] 나아가, 일반인이라도 본인의 스마트장치, 예를 들어 스마트 폰을 이용하면 별도의 전문의학지식이 없더라도 손쉽게 심혈관 질환에 대한 자가진단을 수행할 수 있다. 사용자 편의성을 높이기 위하여 본 발명은 특별한 사용자 인터페이스를 제공하는데, 심음 측정 부위를 명확히 표시하는 측정 화면과 심음의 녹음 상태를 표시하는 녹음 화면을 제공한다. 또한 녹음된 심음이 해석가능한지 여부를 판단하여 별도로 알림 이벤트를 제공한다.

[0017] 이와 같이 본 발명의 심음 애플리케이션은 일반인의 자가진단에도 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 병원입원단계에서 환자를 선별하는 도구로도 사용될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 장치의 사용태양을 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1의 스마트장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 심혈관 질환의 진단 정보 제공방법을 순차적으로 나타낸 순서도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 심음 애플리케이션의 사용자 인터페이스를 나타낸 도면이다.

도 5a 내지 도 5c는 측정된 환자 심음 데이터와 변환된 이미지 데이터를 나타낸 것이다.

도 6는 본 실험예에서 스마트장치를 이용한 진단 성능을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 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. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0020] 이하, 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 장치에 대하여 자세히 설명한다. 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 장치의 사용태양을 나타낸 도면이고, 도 2는 도 1의 스마트장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0021] 본 발명의 스마트장치(20)는 환자 또는 인체(10)로부터 직접 심음을 녹음하여 심혈관 질환에 관한 진단정보를 제공하는 전자장치이다. 스마트장치(20)는 사용자가 이동하면서 무선통신을 통하여 통신기능을 수행할 수 있는 전자장치일 수 있으며, 예를 들어 스마트 폰을 포함한 이동 전화기, 태블릿 컴퓨터, PDA, 웨어러블 장치, 스마트 워치, 스마트 밴드 등이 될 수 있다.

[0022] 스마트장치(20)는 프로세서(220), 입력수단(210), 출력수단(230) 및 메모리(240)를 포함한다. 입력수단(210)은 소프트웨어 또는 하드웨어 입력기를 포함하고, 예를 들어 하드웨어 입력기로는 스마트장치(20) 외부에 설치된 버튼, 오디오 정보를 수신하는 내장 마이크, 유무선네트워크를 통해 데이터를 주고 받는 통신디바이스 등을 포함할 수 있다. 출력수단(230)은 스피커와 디스플레이 등을 포함한다. 디스플레이는 운영체제 소프트웨어의 UI/UX, 응용 소프트웨어의 UI/UX에 있어서 사용자의 터치입력을 감지하는 수단으로서 사용자 인터페이스를 포함할 수 있다. 디스플레이는 화면을 출력하는 수단임과 동시에 사용자의 터치 이벤트를 감지하는 입력수단의 기능을 함께 실행하는 터치스크린으로 이루어질 수 있다.

[0023] 스마트장치(20)의 메모리(240)는 일반적으로 디바이스에 사용되는 컴퓨터 코드 및 데이터를 저장하는 장소를 제공한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트장치(20)의 메모리(240)에는 심음 애플리케이션(250) 및 이의 구동/관리에 필요한 리소스뿐만 아니라 기본적인 입출력 시스템, 운영 체제, 다양한 프로그램들, 애플리케이션들, 또는 디바이스에서 실행되는 사용자 인터페이스 기능들, 프로세서 기능들 등을 포함하는 임의의 디바이스용 펌웨어(firmware)가 저장될 수 있다.

[0024] 스마트장치(20)에 설치된 심음 애플리케이션(250)은 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network: CNN) 모델을 이용하여 환자 또는 인체(10)로부터 녹음된 심음으로부터 심혈관 질환의 진단 정보를 제공한다. 심음 애플리케이션(250)은 사용자가 자신의 스마트장치(20)에 외부 플랫폼을 이용하여 다운로드 받은 애플리케이션 소프트웨어일 수 있다. 또한 본 발명의 심음 애플리케이션(250)은 스마트장치(20)의 운영체제 소프트웨어와 연동하여 디폴트로 스마트장치(20)에 설치된 소프트웨어일 수 있다. 심음 애플리케이션(250)에 대해서는 후에 다시 자

세히 설명한다.

- [0025] 스마트장치(20)의 프로세서(220)는 운영체제와 함께 컴퓨터 코드를 실행하고 데이터를 생성하고 사용하는 동작을 실행한다. 또한 프로세서(220)는 일련의 명령어를 사용하여 스마트장치(20)의 컴포넌트들 간의 입력 및 출력 데이터의 수신 및 처리를 할 수 있다. 또한 프로세서(220)는 스마트장치(20)에 설치된 운영체제 소프트웨어와 각종 애플리케이션 소프트웨어들의 기능을 실행하는 제어부 역할을 담당한다.
- [0026] 스마트장치(20)의 전원부, 통신모뎀, GPS, I/O 디바이스, 카메라 모듈과 같은 하드웨어/소프트웨어 모듈 등의 부가적 혹은 관용적 구성요소는 도면에서는 나타내지 않았으나, 본 발명의 스마트장치(20)에는 장치의 기능에 기여하는 다양한 내부 및 외부 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 또한 스마트장치(20)는 하드웨어 요소들(회로 포함), 소프트웨어 요소들(컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 코드 포함) 또는 이 두 요소의 결합을 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 심음 애플리케이션(250)은 기능적으로, 심음-이미지 변환부(252), 학습부(254), 심음 분류부(256) 및 노이즈 제거부(258)를 포함한다.
- [0028] 입력수단(210)이 심혈관 질환을 진단하고자 하는 환자의 인체(10)에 근접하여 직접 심음을 녹음하면, 심음-이미지 변환부(252)는 녹음된 환자 심음 데이터(즉, 오디오 데이터)에 대하여 시간의 변화와 주파수의 변화에 따른 심음의 진폭을 2차원으로 가시화한 이미지 데이터로 변환한다. 또한, 심음-이미지 변환부(252)는 외부로부터 제공받은 다수의 샘플 심음 데이터(즉, 오디오 데이터)에 대해서도 2차원으로 가시화한 이미지 데이터로 변환한다. 샘플 심음 데이터는 공개 데이터베이스(예를 들어, eGeneralmedical, UCLA Auscultation assistant, Welchallyn, Michigan Medical School, Medicine and Teaching Hospital Motol Department of Applied Informatics, 3M stethoscope, Teachingheartauscultation 등)에서 데모 심장 소리를 얻어 사용할 수 있다. 심음-이미지 변환부(252)는 1 내지 200Hz의 낮은 주파수를 가지는 심음을 정확히 녹음하고 그 특성을 분석하기 위하여, 시간, 주파수 및 심음 진폭이 모두 가시화된 2차원 이미지 데이터를 사용한다. 구체적으로 시간 축과 주파수 축을 기준으로 심음 진폭 변화를 색상의 차이로 구분하여 이미지 데이터로 표시한다.
- [0029] 학습부(254)는 외부로부터 제공받은 다수의 샘플 심음 데이터를 심음패턴의 학습 모델에 대한 입력 데이터로 사용한다. 구체적으로, 입력수단(210)을 통해 샘플 심음 데이터가 입력되면, 심음-이미지 변환부(252)는 샘플 심음 데이터(즉, 오디오 데이터)를 가시화하여 이미지 데이터로 변환하고, 학습부(254)는 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터를 컨볼루션 신경망 모델의 입력 데이터로 사용한다. 학습부(254)는 컨볼루션 신경망 모델을 이용하여 이미지 데이터 중 심음에 대응하는 이미지 객체를 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시킨다. 바람직하게는, 학습부(254)는 샘플 심음 데이터 중 심음 1주기에 대응하는 이미지 데이터를 추출한 후 컨볼루션 신경망 모델을 이용하여 각 주기의 이미지 데이터를 기계학습시킬 수 있다. 여기서 심음 주기 또는 심장 주기는 심장이 수축을 시작할 때부터 이완기를 거쳐 다시 수축기가 시작되기 전까지의 주기를 의미한다.
- [0030] 컨볼루션 신경망 모델에 의한 기계학습 과정은, 복수 개의 컨볼루션 레이어(convolution layer)와 풀링 레이어(pooling layer)를 반복하여 구성함으로써, 2차원 이미지 데이터로부터 추상화된 특징(feature)을 추출하고 데이터를 압축하는 과정을 반복하여 상위 계층으로 갈수록 일반화된 결과를 얻는 것이다. 복수 개의 컨볼루션 레이어 및 풀링 레이어 위에는 완전 연결 레이어(fully-connected layer)가 있으며, 각 레이어별 함수로는 시그모이드(sigmoid) 함수, 하이퍼볼릭 탄젠트(Hyperbolic Tangent: tanh) 함수, ReLU(Rectified Linear Unit) 함수 등이 사용될 수 있다.
- [0031] 본 실시예에서 심음패턴은 정상, 비정상에 따라 복수 개의 범주로 사전에 정의되는데, 예를 들어, 정상 심음, 제3 심음(S3), 제4 심음(S4), 수축기 잡음(systolic murmur), 확장기 잡음(diastolic murmur)로 된 5개의 패턴으로 분류될 수 있다.
- [0032] 정상 심음은 심혈관 질환이 없는 상태의 심음을 의미하며, 심음 1주기 동안 S1(제1 심음: first heart sound)과 S2(제2 심음: second heart sound)가 관찰된다. S1은 심실수축기 초에 삼첨판과 승모판의 폐쇄 시 혈액이 판막벽에 부딪쳐 발생하는 진동음으로, 길고 둔한 저음으로 이루어진다. S2는 대동맥 판막과 폐동맥판막의 폐쇄 시 혈액이 판막벽에 부딪쳐 발생하는 진동음으로, 짧은 고음으로 이루어진다.
- [0033] 그 외에 S3(제3 심음), S4(제4 심음), 수축기 잡음, 확장기 잡음은 모두 심혈관 질환으로부터 유발되는 심잡음이다. 구체적으로, S3(제3 심음)은 S2 이후 0.12-0.16초 사이의 심장 이완기에 빠른 속도로 심실에 혈액이 충전될 때 발생하는 심잡음으로, 빈혈, 갑상선 기능 항진증, 대동맥폐쇄 부전증, 승모판(또는 삼첨판)에서의 역류, 심장 중격결손, 폐성심(cor pulmonale) 등의 원인으로 발생한다. S4(제4 심음)는 심실비대나 심실벽의 손상 시

심실에 혈액이 채워질 때 발생하는 심잡음으로, 대동맥 협착증, 관상 동맥 질환, 허혈성 심질환, 부정맥, 심부전증 등의 원인으로 발생한다. 수축기 잡음은 S1과 S2 사이에 생기는 심잡음으로서, 대동맥 협착증, 승모판 역류증, 심실중격결손, 폐동맥 판협착 등의 원인으로 발생한다. 확장기 잡음은 심실의 확장기에 발생하는 심잡음으로서, 대동맥 역류증, 승모판(또는 삼첨판) 협착, 대동맥판(또는 폐동맥판) 폐쇄부전 등의 원인으로 발생한다.

[0034] 심음 분류부(256)는 컨볼루션 신경망 모델에 의한 학습부(254)의 학습 정보를 기반으로 환자의 심음을 심음패턴 중 어느 하나로 분류한다. 구체적으로, 심음-이미지 변환부(252)가 녹음된 환자 심음 데이터를 시간의 변화 및 주파수의 변화에 따른 심음 진폭을 2차원으로 가시화한 이미지 데이터로 변환하면, 심음 분류부(256)는 컨볼루션 신경망을 이용하여 환자 심음 데이터의 이미지 데이터 중 심음에 대응하는 이미지 객체를 심음패턴 중 어느 하나로 분류하여 결과값을 도출한다.

[0035] 노이즈 제거부(258)는 입력수단(210)을 통해 녹음된 환자 심음 데이터에 포함된 열잡음(thermal noise)을 제거한다. 스마트장치(20)를 이용한 심장 청진 및 심음 녹음에 있어서 발생하는 원하지 않는 잡음은 크게 두 가지 원인으로 분류된다. 하나는 환경 잡음이고 다른 하나는 스마트장치(20)의 자체 잡음, 즉 열잡음이다. 환경 잡음은 목소리, 음악소리, 교통소음 등 스마트장치(20) 외부에 발생한 주변 소음을 말하며, 조용한 녹음 환경에서는 무시할 수 있는 잡음이다. 하지만 열잡음은 스마트장치(20)의 회로 내에서 충전된 전자의 열 이동으로 인해 발생하는 잡음으로서 심음 분석에 정확도를 떨어뜨리는 주요 원인 중 하나이다. 본 발명에서는 스펙트럼 감산(spectral subtraction)과 고속푸리에변환(Fast Fourier Transform: FFT) 알고리즘을 이용하여 스마트장치 자체에서 발생하는 열잡음을 제거한다. 구체적으로, 녹음된 환자 심음 데이터에 대하여 소정의 시간 윈도우(예를 들어, 250ms)마다 음압(sound pressure)을 측정된 후 측정된 음압 중 하위 소정의 비율(예를 들어, 하위 10% 이하)에 해당하는 시간 윈도우를 열잡음으로 정의하여 제거한다. 즉, 고속푸리에변환을 이용하여 열잡음의 평균 스펙트럼을 계산하고 모든 시간 윈도우에서 이를 차감한 후, 역고속푸리에변환(Inverse FFT: IFFT)을 이용하여 잡음이 제거된 시간 영역의 심음을 생성한다.

[0036] 본 실시예에서는 설명의 편의를 위하여 스마트장치(20)가 독립된 하나의 전자장치인 것으로 예를 들어 설명하고 있으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니다. 구체적으로, 스마트장치는 모바일 기기 및 이와 네트워크로 연결되거나 물리적으로 구분된 외부 장치(예컨대 하나 이상의 서버장치 및/또는 데이터베이스)의 조합으로 구성될 수도 있다. 이 경우, 스마트장치를 구성하는 개별 구성은 모바일 기기 또는 외부 장치에 속할 수 있다. 예를 들어, 입력수단, 프로세서, 및 출력수단은 모바일 기기에 속하고 심음 애플리케이션이 설치된 메모리는 외부 장치에 속할 수 있고, 나아가 심음 애플리케이션 중 일부 기능은 모바일 기기가 담당하고 다른 기능은 외부 장치가 담당할 수도 있다. 이와 같이 스마트장치가 서로 물리적으로 구분된 모바일 기기 및 외부 장치로 이루어지더라도, 기능적으로는 하나의 전자장치로 보아야 할 것이다.

[0037] 이하 도 3 및 도 4를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 심혈관 질환의 진단 정보 제공방법에 대하여 자세히 설명한다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 심혈관 질환의 진단 정보 제공방법을 순차적으로 나타낸 순서도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 심음 애플리케이션의 사용자 인터페이스를 나타낸 도면이다.

[0038] 먼저, 외부로부터 제공받은 다수의 샘플 심음 데이터를 스마트장치(20)에 입력한다(S10). 샘플 심음 데이터는 오디오 데이터이며 공개 데이터베이스로부터 얻을 수 있다.

[0039] 스마트장치(20)는 이러한 샘플 심음 데이터(즉, 오디오 데이터)를 2차원으로 가시화한 이미지 데이터로 변환한다(S20). 본 발명에서는 낮은 주파수를 가지는 심음을 정확히 녹음하고 그 특성을 분석하기 위하여, 시간, 주파수 및 심음 진폭이 모두 가시화된 2차원 이미지 데이터를 사용한다.

[0040] 이어서 스마트장치(20)는 샘플 심음 데이터의 이미지 데이터를 컨볼루션 신경망 모델의 입력 데이터로 사용하여 학습시킨다(S30). 구체적으로, 학습부(254)는 컨볼루션 신경망 모델을 이용하여 이미지 데이터 중 심음에 대응하는 이미지 객체를 사전에 정의된 복수의 심음패턴 중 어느 하나로 학습시킨다.

[0041] 이어서 심혈관 질환을 진단하고자 하는 환자에 스마트장치(20)를 근접시켜 직접 심음을 녹음한다. 본 발명은 일반인이라도 손쉽게 심혈관 질환에 대한 자가진단을 수행할 수 있도록 특별한 사용자 인터페이스를 제공한다. 도 4를 참조하여 구체적으로 살펴보면, 먼저 사용자 또는 환자가 스마트장치(20)의 심음 애플리케이션을 실행하면 스마트장치(20)의 화면 상에 측정화면(30)이 표시된다. 측정화면(30)에는 복수의 심음 측정 부위(32)가 표시된다. 본 실시예에서는 5 개의 심음 측정 부위(32)가 예시적으로 측정화면(30)에 표시되어 있다. 스마트장치(20)의 입력수단(210)이 심음 측정 부위(32) 중 어느 하나에 대한 선택 이벤트를 생성하면 측정화면(30)은 녹음화면

(34)으로 전환된다. 사용자는 선택된 심음 측정 부위(32)에 대응하는 신체에 스마트장치(20)의 내장 마이크를 근접시켜 심음을 녹음한다. 스마트장치(20)는 녹음 상황을 녹음화면(34) 상에 표시한다. 녹음이 완료되면, 스마트장치(20)는 녹음된 심음이 해석가능한지 여부를 판단하여 알람 이벤트를 화면 상에 생성한다. 만일 외부 잡음이 기준 이상으로 크거나 스마트장치(20)가 선택된 심음 측정 부위(32)에 정확히 배치되지 않아서 녹음된 심음이 기준보다 작은 경우 심음 해석이 불가능하여 재녹음을 요청하는 알람 이벤트를 생성하고, 그렇지 않고 심음 해석이 가능한 경우 녹음이 완료되었음을 나타내는 알람 이벤트를 생성한다.

[0042] 해석가능한 심음이 녹음되면, 스마트장치(20)는 녹음된 환자 심음 데이터(즉, 오디오 데이터)에 대하여 시간의 변화와 주파수의 변화에 따른 심음의 진폭을 2차원으로 가시화한 이미지 데이터로 변환한다(S40).

[0043] 이어서, 컨볼루션 신경망 모델에 의한 학습 정보를 기반으로 스마트장치(20)는 환자 심음 데이터의 이미지 데이터 중 심음에 대응하는 이미지 객체를 심음패턴 중 어느 하나로 분류한다(S50).

[0045] <실험예>

[0046] 본 실험예에서는 총 46명의 피험자에 대상으로 하였으며, 먼저 숙련된 심장 전문의에 의해 각 피험자의 심혈관 질환 여부를 진단하였다. 표 1은 피험자의 특성을 나타낸 것이다. 전체 피험자 중, 20명은 수축기 잡음(systolic murmur)을, 5명은 확장기 잡음(diastolic murmur)을, 1명은 제4 심음(S4)를 가지고 있고, 20명은 정상 심음을 가진 것으로 진단되었다.

표 1

Characteristics	Total	Interpretable heart sounds		P value
		Yes	No	
Number of participants	46	30 (65.2%)	16 (34.8%)	
Male sex	21 (45.7%)	14 (46.7%)	7 (43.8%)	>0.99
Age	65.5 (21.0–90.0)	62.5 (21.0–90.0)	71.5 (26.0–88.0)	0.067
Body mass index (kg/m ²)	23.8 ± 3.5	24.0 ± 3.6	23.4 ± 3.3	0.542
Hypertension	23 (50%)	14 (46.7%)	9 (56.3%)	0.757
Diabetes	9 (19.6%)	4 (13.3%)	5 (31.3%)	0.241
Atrial fibrillation	5 (10.9%)	0 (0.0%)	5 (31.3%)	<0.001
Primary diagnosis				0.005
Aortic stenosis	13 (28.3%)	11 (36.7%)	2 (12.5%)	
Aortic regurgitation	2 (4.3%)	0 (0.0%)	2 (12.5%)	
Mitral stenosis	4 (8.7%)	0 (0.0%)	4 (25.0%)	
Mitral regurgitation	2 (4.4%)	2 (6.7%)	0 (0.0%)	
Hypertrophic cardiomyopathy	2 (4.4%)	1 (3.3%)	1 (6.3%)	
Others	23 (50.0%)	16 (53.3%)	7 (43.8%)	
Heart sounds				0.007
Systolic murmur	20 (43.5%)	15 (50.0%)	5 (31.3%)	
Diastolic murmur	5 (10.9%)	0 (0.0%)	5 (31.3%)	
S3/S4	1 (2.2%)	1 (2.2%)	0 (0.0%)	
Normal	20 (43.5%)	14 (46.7%)	6 (37.5%)	

Data were presented as median (ranges), mean ± SD or % (N). Comparison was done with Student's t-test or Mann-Whitney's U-test for continuous variables, and Chi-square test or Fisher's exact test for categorical variables.

[0047]

[0048] 본 발명의 스마트장치로 피험자의 심음을 측정하고 환자 심음 데이터로부터 열잡음을 제거한 결과, 46개의 심음 중 30개의 심음(65.2%)가 해석 가능한 것으로 확인되었다. 심음 해석이 불가능한 경우는 주로 배경 잡음 및 피험자의 협력부족으로 파악되었다.

[0049] 도 5a 내지 도 5c는 측정된 환자 심음 데이터와 변환된 이미지 데이터를 나타낸 것이다. 구체적으로, 도 5a는 본 실험예에서 녹음된 샘플 심음 데이터(정상 상태) 및 이로부터 변환된 이미지 데이터를 나타낸 도면이고, 도 5b는 본 실험예에서 녹음된 샘플 심음 데이터(대동맥 협착증: aortic stenosis) 및 이로부터 변환된 이미지 데이터를 나타낸 도면이고, 도 5c는 본 실험예에서 녹음된 샘플 심음 데이터(승모판 역류: mitral regurgitation) 및 이로부터 변환된 이미지 데이터를 나타낸 도면이다. 도 5a 내지 도 5c를 참조하면, 2차원으로 가시화한 이미지 데이터는 시간 축과 주파수 축을 기준으로 심음 진폭 변화를 색상의 차이로 구분하여 표시하였다. 구체적으로, 도 5a와 같이 정상 상태인 경우, S1 및 S2 심음에 대한 이미지 객체가 일정한 패턴으로 주기적으로 관찰되었다. 도 5b 및 도 5c와 같이 심혈관 질환이 있는 경우, 심잡음에 대한 이미지 객체가 일정한 패턴으로 주기적으로 관찰되었다.

[0050] 도 6는 본 실험예에서 스마트장치를 이용한 진단 성능을 나타낸 도면이다. 본 실험예에서는 삼성 갤럭시 S5, 삼성 갤럭시 S6 및 LG G3의 스마트 폰에 심음 애플리케이션을 설치하여 진단 성능을 측정하였다. 도 6에서 TP는 참양성(True Positive), TN은 참음성(True Negative), FP는 거짓양성(False Positive), FN은 거짓음성(False Negative)를 나타낸다. 삼성 갤럭시 S5는 90%, 삼성 갤럭시 S6는 87%, LG G3는 90%의 진단 정확도(diagnostic accuracy)를 가지는 것으로 파악되었다. 표 2는 본 실험예의 진단 성능을 구체적으로 나타낸 표이다.

표 2

	Galaxy S5		Galaxy S6		G3	
	Estimate (95% CI)	N	Estimate (95% CI)	N	Estimate (95% CI)	N
Diagnostic accuracy	90 (73-98)	30	87 (69-96)	30	90 (73-98)	30
Sensitivity	94 (70-100)	16	94 (70-100)	16	81 (54-96)	16
Specificity	86 (57-98)	14	79 (49-95)	14	100 (68-100)	14
Positive predictive value	88 (64-99)	17	83 (59-96)	18	100 (66-100)	13
Negative predictive value	92 (64-100)	13	92 (62-100)	12	82 (57-96)	17
Men						
Diagnostic accuracy	79 (49-95)	14	79 (49-95)	14	93 (66-100)	14
Sensitivity	83 (36-100)	6	83 (36-100)	6	83 (36-100)	6
Specificity	75 (35-97)	8	75 (35-97)	8	100 (52-100)	8
Positive predictive value	71 (29-96)	7	71 (29-96)	7	100 (36-100)	5
Negative predictive value	86 (42-100)	7	86 (42-100)	7	89 (52-100)	9
Women						
Diagnostic accuracy	100 (71-100)	16	94 (70-100)	16	88 (62-98)	16
Sensitivity	100 (59-100)	10	100 (59-100)	10	80 (44-97)	10
Specificity	100 (42-100)	6	83 (36-100)	6	100 (42-100)	6
Positive predictive value	100 (59-100)	10	91 (59-100)	11	100 (52-100)	8
Negative predictive value	100 (42-100)	6	100 (36-100)	5	75 (35-97)	8

[0051] CI denotes confidence interval; N, number of study subjects in each group

[0052] 이상과 같이, 본 발명의 스마트장치 및 심음 애플리케이션을 이용하면, 편리하게 심음을 녹음하고 컨볼루션 신경망 모델에 의해 심혈관 질환을 높은 정확도로 진단할 수 있다는 것을 검증하였다.

[0053] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

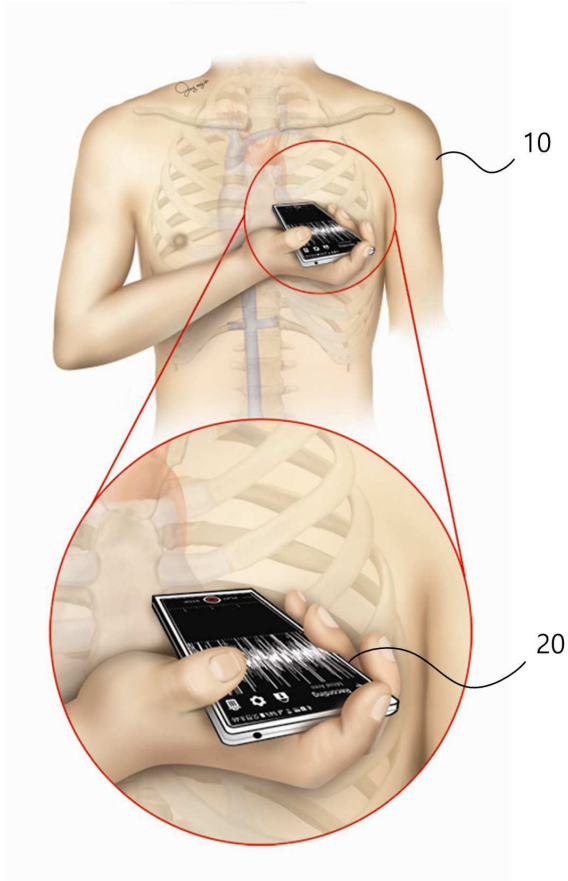
부호의 설명

- [0054] 10: 인체
- 20: 스마트장치
- 30: 측정화면
- 32: 심음 측정 부위
- 34: 녹음화면
- 210: 입력수단
- 220: 프로세서
- 230: 출력수단
- 240: 메모리
- 250: 심음 애플리케이션
- 252: 심음-이미지 변환부
- 254: 학습부

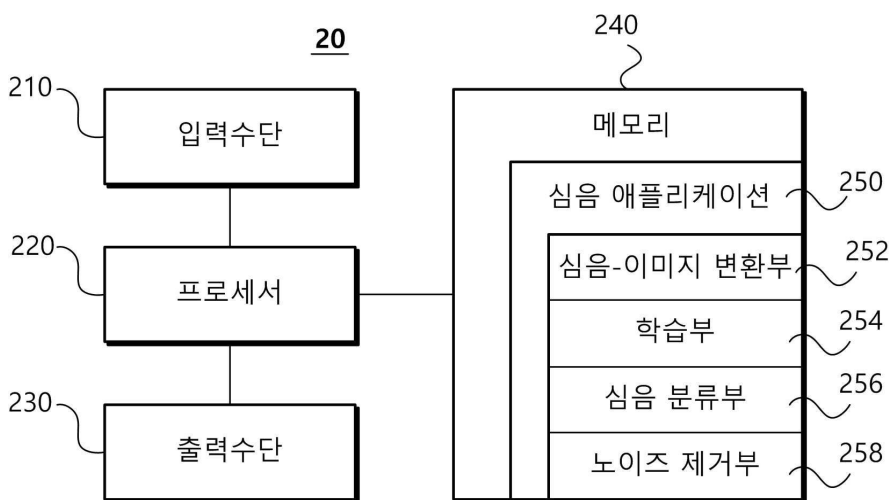
256: 심음 분류부
258: 노이즈 제거부

도면

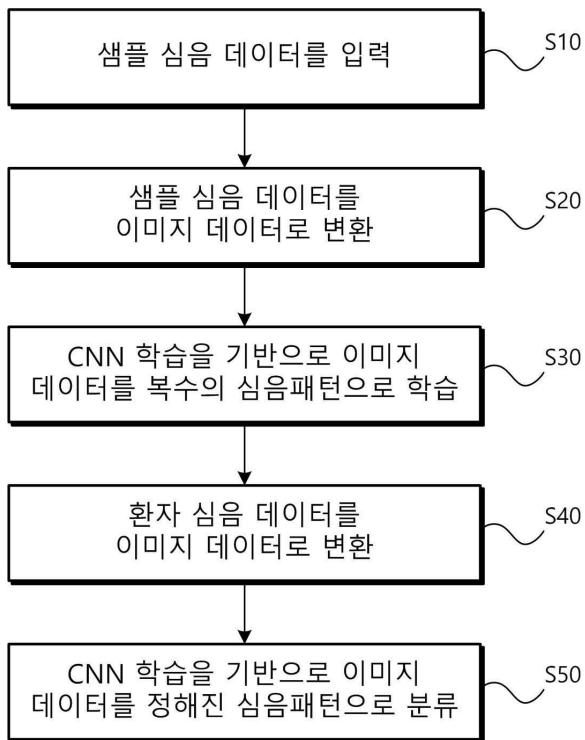
도면1



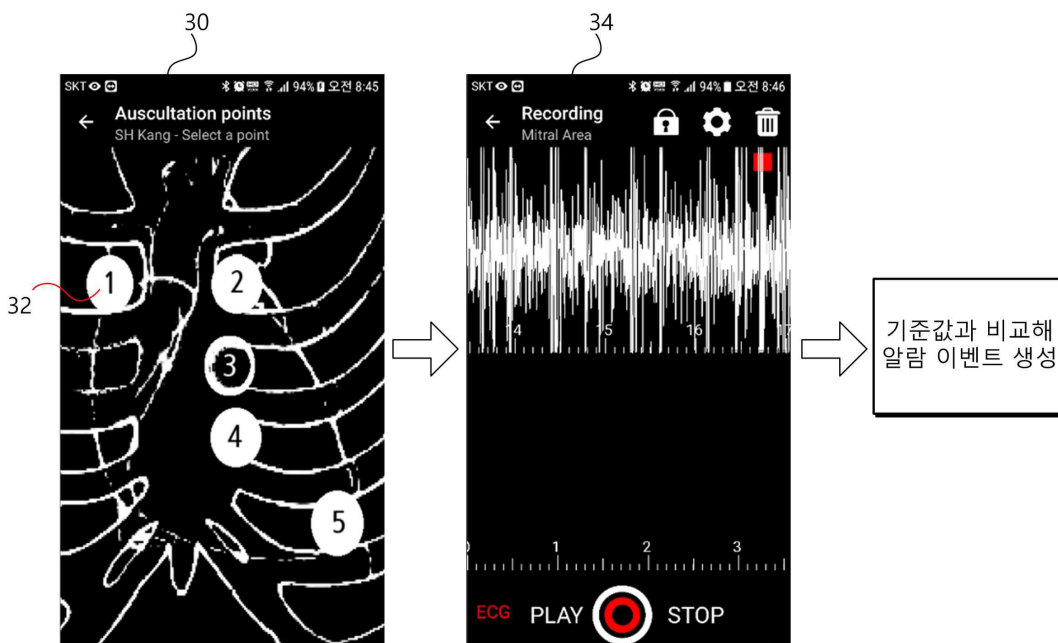
도면2



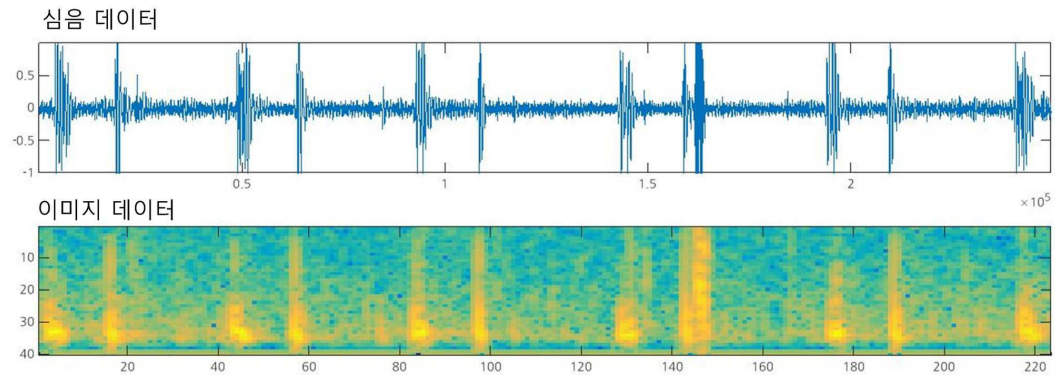
도면3



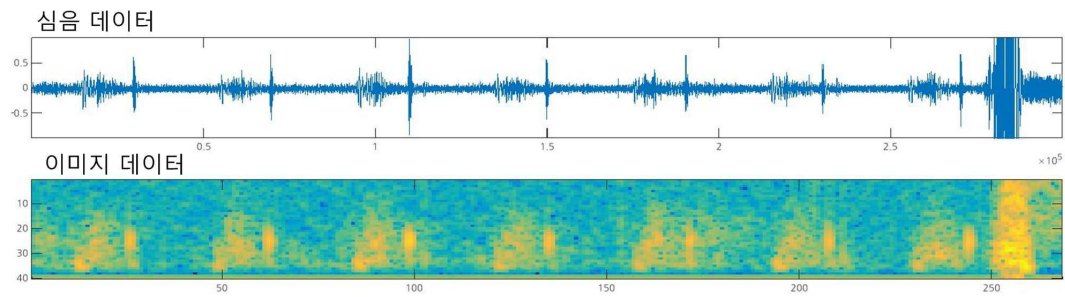
도면4



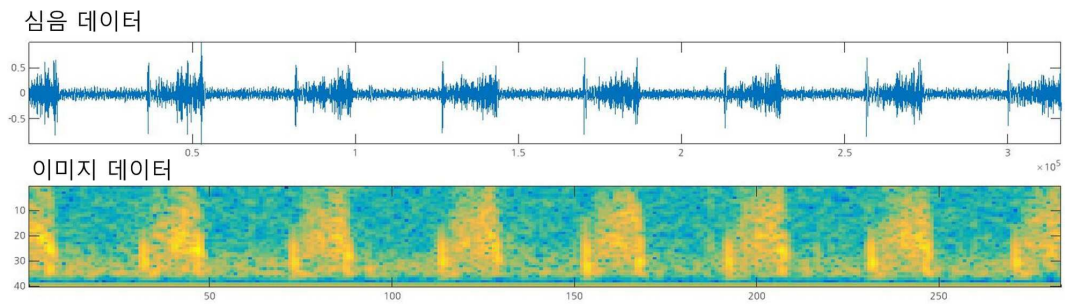
도면5a



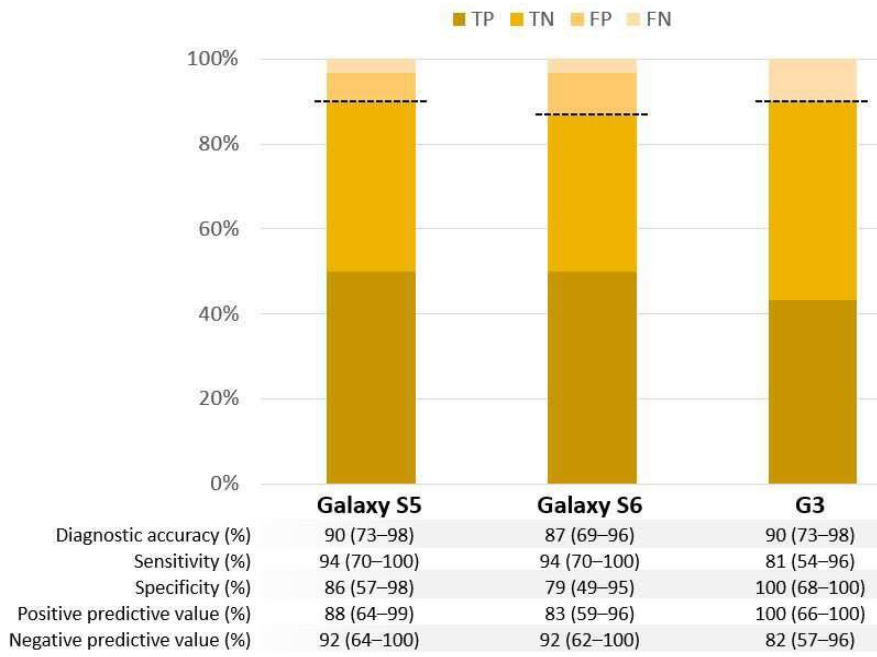
도면5b



도면5c



도면6



专利名称(译)	使用智能设备提供心血管疾病诊断信息的方法及其心音应用		
公开(公告)号	KR102078525B1	公开(公告)日	2020-02-19
申请号	KR1020170156212	申请日	2017-11-22
[标]申请(专利权)人(译)	首尔大学医院 韩国科学技术院		
申请(专利权)人(译)	서울대학교병원 科学与韩国高等科技研究院		
当前申请(专利权)人(译)	서울대학교병원 科学与韩国高等科技研究院		
[标]发明人	서정원 강시혁 신인식 조병길		
发明人	서정원 강시혁 신인식 조병길		
IPC分类号	A61B5/02 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/02 A61B5/7264 A61B5/7275 A61B5/00		
审查员(译)	Choeseokgyu		
其他公开文献	KR1020190058858A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种用于提供诊断信息的方法，由此普通人可以使用智能设备方便地自我诊断心血管疾病，以及针对该疾病的心音应用。提供诊断信息的方法包括：将从外部输入的多个样本心音数据转换成图像数据，其中，心音振幅随着时间和频率变化而可视化；以及利用卷积神经网络(CNN)获知样本心音数据的图像数据中与心音对应的图像对象为多个预定心音模式之一；直接记录要诊断的患者的心音，并将记录的患者心音数据转换为图像数据，其中，随着时间和频率的变化，心音幅度可视化；其中，使用卷积神经网络将来自患者心音数据的图像数据中与心音相对应的图像对象分类为心音模式之一。

