



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0149721
(43) 공개일자 2024년10월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 7/00 (2006.01) A61B 7/04 (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01) G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 7/003 (2013.01)
A61B 7/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0045637
(22) 출원일자 2023년04월06일
심사청구일자 2023년04월06일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
가톨릭대학교 산학협력단
서울특별시 서초구 반포대로 222, 가톨릭대학교 성의교정내 (반포동)
(72) 발명자
김종백
경기도 고양시 일산동구 강석로 152, 708동 2001호 (마두동, 강촌마을7단지아파트)
고대연
서울특별시 서대문구 신촌로7안길 75, 401호 (창천동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한상수

전체 청구항 수 : 총 10 항

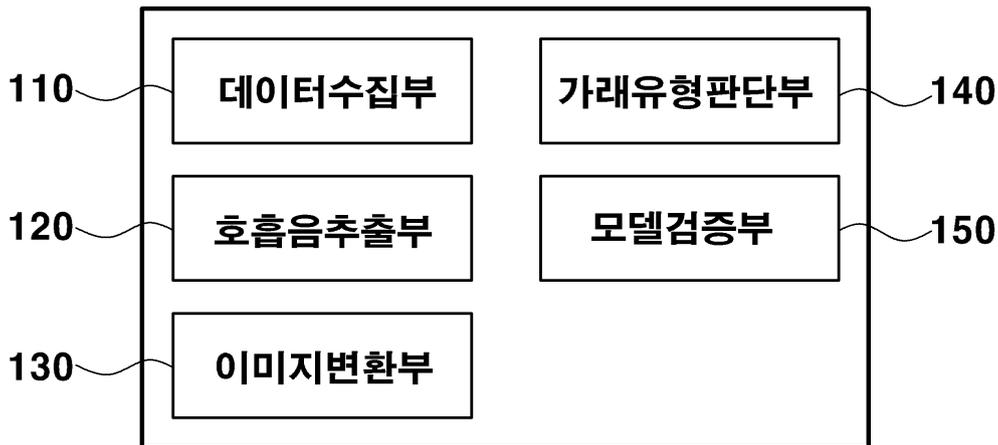
(54) 발명의 명칭 **호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템 및 가래 유형 판단 방법**

(57) 요약

본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템은 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 수집하는 데이터수집부; 상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터를 전달받아, 스펙트로그램(Spectrogram) 이미지로 변환하는 이미지변환부; 및 상기 이미지변환부가 변환한 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하는 가래유형판단부;를 포함하여 구성될 수 있다.

대표도 - 도1

100



- (52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2023.01)
G16H 50/20 (2018.01)
A61B 2505/05 (2013.01)

주영훈

서울특별시 서초구 효령로77길 20, 803호(서초동, 현대ESA아파트)

김현범

서울특별시 영등포구 당산로31길 32, 102동 403호 (당산동3가, 당산동쌍용예가클래식)

- (72) 발명자

정요한

서울특별시 서대문구

한현준

서울특별시 종로구 송월길 99, 207동 606호 (홍파동, 경희궁자이 2단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711138100
과제번호	1711138100
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업
연구과제명	[통합이지바로/범부처/공동] 압력 감지형 스마트 기관절개관 개발
기여율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711174310
과제번호	KD000078
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발(과기부)
연구과제명	압력 감지형 스마트 기관절개관 개발
기여율	1/2
과제수행기관명	가톨릭대학교산학협력단
연구기간	2020.09.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 수집하는 데이터수집부;

상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터를 전달받아, 스펙트로그램(Spectrogram) 이미지로 변환하는 이미지 변환부; 및

상기 이미지변환부가 변환한 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하는 가래유형판단부;를 포함하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터는 가래 흡인이 필요한 호흡음 데이터와 정상인 호흡음 데이터로 분류되는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 딥러닝 모델은 상기 스펙트로그램 이미지 상에 2 kHz 이상의 주파수 영역에서 연속적이고 광범위한 음압이 나타나는 제1가래유형, 저주파 진동에 의해 반복적인 수직선이 나타나는 제2가래유형, 및 상대적으로 작은 음압이 나타나는 정상유형으로 환자의 가래 유형을 분류하는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템은 호흡음추출부를 더 포함하고,

상기 호흡음추출부는 상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터에서 한번의 호흡 주기에 대응하는 호흡음 샘플 데이터를 추출하는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 이미지변환부는 단시간 푸리에 변환(short-time Fourier transform, STFT)을 통해 상기 호흡음 샘플 데이터를 스펙트로그램 이미지로 변환하는 것을 특징으로 하는, 가래 유형 판단 시스템.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 딥러닝 모델은 합성곱신경망(Convolution Neural Network, CNN)으로 구현되는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 가래 유형 판단 시스템은 모델검증부를 더 포함하고,

상기 모델검증부는 이미 분류된 호흡음 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 모델검증부는 미리 정해진 성능 평가 지표로 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템.

청구항 9

기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 수집하는 수집단계;

상기 수집된 호흡음 데이터를 스펙트로그램(Spectrogram) 이미지로 변환하는 변환단계; 및

상기 변환된 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하는 판단단계;를 포함하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법은 이미 분류된 호흡음 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하는 검증 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템 및 가래 유형 판단 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 활용하여 환자의 가래 흡인이 필요한지 여부를 자동으로 판단이 가능한 딥러닝 기반의 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템 및 가래 유형 판단 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 전체 인구의 고령화가 진행됨에 따라, 호흡부전, 호흡계 신경손상, 인후두를 포함한 호흡기의 암종(carcinomas) 발생 등 호흡기 질환의 빈도 수가 증가하고 있다. 이러한 호흡기 질환은 기도 폐색의 위험을 야기하며, 이에 대한 일반적인 치료 방법으로 기관절개술을 진행한다.

[0004] 기관절개술은 기관의 일부를 일시적 혹은 영구적으로 절개하여, 호흡 통로를 확보하는 수술이다. 만약 장시간 호흡 통로를 유지해야 할 경우, 기관절개술 직후 기관절개관을 환자의 기관에 설치해야 한다. 기관절개술을 받은 환자는 기관절개관이 섬모작용을 하지 못하므로 기관 내에 형성된 가래를 수월히 배출하지 못하고, 말을 통한 의사소통이 어려우므로, 의료진의 판단 하에 가래 흡인을 진행해야 한다.

[0005] 환자의 기관 혹은 기관절개관 내에 가래가 축적되면, 그 축적 형태에 따라서 공기가 흐르는 통로(기관절개관과

환자의 기관)의 형태 및 기계적 특성이 변화하면서 호흡음의 차이가 생긴다. 의료진은 가래의 양을 눈으로 확인할 수 없기 때문에 특정 시간을 주기로 하여 수시로 흡인을 하거나, 환자의 호흡음을 듣고 흡인을 진행한다.

[0006] 그러나, 특정 시간을 주기로 하여 수시로 흡인할 경우, 이 과정에서 발생하는 불필요한 석션(가래가 없음에도 시간 주기가 되어 진행되는 흡인)들은 환자에게 부담을 줌과 동시에 기관 벽에 손상을 주거나 격렬한 기침을 유발시키는 문제가 있다. 또한, 청각 기반의 호흡음 진단의 경우 상대적으로 정확한 판단이 가능하나, 의료진 또는 간병인이 환자 근처에 상시 상주하기 어려우며 의료진의 주관이 개입된다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제 10-2275936 호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 활용하여 환자의 가래 흡인이 필요한지 여부를 자동으로 판단하는 딥러닝 기반의 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템 및 가래 유형 판단 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템은 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 수집하는 데이터수집부; 상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터를 전달받아, 스펙트로그램(Spectrogram) 이미지로 변환하는 이미지변환부; 및 상기 이미지변환부가 변환한 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하는 가래유형 판단부;를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터는 가래 흡인이 필요한 호흡음 데이터와 정상인 호흡음 데이터로 분류될 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 딥러닝 모델은 상기 스펙트로그램 이미지 상에 2 kHz 이상의 주파수 영역에서 연속적이고 광범위한 음압이 나타나는 제1가래유형, 저주파 진동에 의해 반복적인 수직선이 나타나는 제2가래유형, 및 상대적으로 작은 음압이 나타나는 정상유형으로 환자의 가래 유형을 분류할 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템은 호흡음추출부를 더 포함하고, 상기 호흡음추출부는 상기 데이터수집부가 수집한 호흡음 데이터에서 한번의 호흡 주기에 대응하는 호흡음 샘플 데이터를 추출할 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 이미지변환부는 단시간 푸리에 변환(short-time Fourier transform, STFT)을 통해 상기 호흡음 샘플 데이터를 스펙트로그램 이미지로 변환할 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 딥러닝 모델은 합성곱신경망(Convolution Neural Network, CNN)으로 구현될 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 가래 유형 판단 시스템은 모델검증부를 더 포함하고, 상기 모델검증부는 이미 분류된 호흡음 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증할 수 있다.

[0019] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 모델검증부는 미리 정해진 성능 평가 지표로 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검

증할 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법은 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 수집하는 수집단계; 상기 수집된 호흡음 데이터를 스펙트로그램(Spectrogram) 이미지로 변환하는 변환단계; 및 상기 변환된 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하는 판단단계;를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 실시예에 있어서, 이미 분류된 호흡음 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하는 검증 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 활용하여 환자의 가래 흡인이 필요한지 여부를 자동으로 판단하는 딥러닝 기반의 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템 및 가래 유형 판단 방법을 제공하여, 가래 유형에 대한 객관적인 분류 결과를 의료진과 간병인에게 제공하고, 효율적인 환자 케어 가이드를 제시할 수 있다.

[0024] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템의 개략적인 구성을 나타낸 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법의 개략적인 동작 순서를 나타낸 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템의 이미지변환부에서 호흡음 데이터를 스펙트로그램 이미지로 변환하는 동작을 나타낸 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템에서 가래 유형에 따른 호흡음 샘플의 파형과 변환된 스펙트로그램 이미지를 나타낸 그림이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템의 딥러닝 모델의 검증을 위한 혼동 행렬(a)과 분류 성능 평가 지표(b)를 나타낸 예시도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템에서 유형을 두가지로 분류했을 경우에 수신자 조작 특성(Receiver Operating Characteristics, ROC) 곡선을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0028] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0029] 본 명세서에서 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 명세서에서, "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, 구성요

소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0030] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대하여 설명한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템의 개략적인 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0032] 도 1을 참조하면, 가래 유형 판단 시스템(100)은 데이터수집부(110), 호흡음추출부(120), 이미지변환부(130), 가래유형판단부(140), 모델검증부(150)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0033] 데이터수집부(110)는 호흡음 데이터를 수집하도록 마련될 수 있으며, 상기 호흡음 데이터는 예를 들어, 기관절개술 환자의 호흡음 데이터와 정상인 사람의 호흡음 데이터로 분류된 것일 수 있다.
- [0034] 기관절개술 환자의 호흡음은 기관절개술을 받은 환자들의 가래 축적 형태에 따른 음성 차이를 온전히 파악하기 위해 기관절개관의 호흡 통로 출구에서 약 2 내지 3cm 이격된 위치에 마이크를 설치하여 수집할 수 있다. 상기 마이크로 수집한 장시간의 호흡음 데이터들을 복수의 이비인후과 전문의들이 가래 흡인이 필요한 소리 중 호흡 통로가 좁아져 높은 고주파 음이 관찰되는 호흡음(제1가래유형), 가래 흡인이 필요한 소리 중 가래가 진동하는 소리를 보이는 호흡음(제2가래유형), 및 가래 흡인이 필요 없는 정상 호흡음(정상유형)의 3가지 유형으로 분류하는 것으로 호흡음 데이터를 형성할 수 있으며, 이를 데이터수집부(110)가 수집하도록 마련될 수 있다. 상기 호흡음의 유형은 이에 제한되는 것은 아니며, 가래유형과 정상유형 두가지로 분류될 수도 있다.
- [0035] 호흡음추출부(120)는 데이터수집부(110)가 수집한 호흡음 데이터에서 한번의 호흡 주기에 대응하는 호흡음 샘플 데이터를 추출하도록 마련될 수 있다. 상기 호흡음 샘플 데이터들은 상기 복수의 이비인후과 전문의들의 분류 결과가 일치하는 호흡음 데이터 구간에 대해서만 추출이 이루어지도록 구성될 수 있다.
- [0036] 이미지변환부(130)는 데이터수집부(110)가 수집한 호흡음 데이터를 전달받아, 단시간 푸리에 변환(short-time Fourier transform, STFT)을 통해 상기 호흡음 데이터를 스펙트로그램 이미지로 변환하도록 마련될 수 있다.
- [0037] 이미지변환부(130)는 구체적으로는, 호흡음추출부(120)가 추출한 호흡음 샘플 데이터를 복수개의 해밍창(Hamming window)으로 분할하고, 상기 복수의 해밍창이 분할한 데이터를 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier transform, DFT)하고, 상기 이산 푸리에 변환된 데이터를 시간 순으로 병합하는 것으로 스펙트로그램 이미지를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0038] 가래유형판단부(140)는 이미지변환부(130)가 변환한 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하도록 구성될 수 있다. 상기 딥러닝 모델은 합성곱신경망(Convolution Neural Network, CNN)으로 구현될 수 있으며, 예를 들어, AlexNet, VGGNet, ResNet, Inception, MobileNet을 포함하는 그룹에서 선택된 적어도 하나를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0039] 상기 딥러닝 모델은 상기 스펙트로그램 이미지 상에 2 kHz 이상의 주파수 영역에서 연속적이고 광범위한 음압을 나타내는 제1가래유형, 저주파 진동에 의해 반복적인 수직선이 나타나는 제2가래유형, 및 상대적으로 작은 음압이 나타나는 정상유형으로 환자의 가래 유형을 분류할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 모델검증부(150)는 이미 분류된 호흡음 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하도록 구성될 수 있다. 모델검증부(150)는 또한, 미리 정해진 성능 평가 지표로 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하도록 구성될 수도 있다. 모델검증부(150)의 성능 평가 지표는 상기 가래 유형을 제1가래유형, 제2가래유형, 정상유형의 3가지로 분류할 경우, 전체 호흡음 데이터 중 정확히 분류된 데이터의 비율을 나타내는 전체 정확도와 실제 흡인이 필요한 호흡음을 흡인이 필요한 호흡음으로 분류했을 때, 그 중 정확히 분류된 데이터의 비율을 나타내는 가래 분류 정확도를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0041] 이와 별개로, 상기 가래 유형을 제1및 제2 가래유형과 정상유형의 2가지로 분류할 경우, 실제 흡인이 필요한 호흡음 중 흡인이 필요한 호흡음으로 분류된 데이터의 비율을 나타내는 민감도(sensitivity), 실제 정상 호흡음 중 정상 호흡음으로 분류된 데이터의 비율을 나타내는 특이도(specificity), 및 수신자 조작 특성(Receiver Operating Characteristic) 곡선 아래 영역의 넓이를 나타내는 AUC(Area Under Curve)을 포함하여 구성될 수도 있다.
- [0042] 합성곱신경망은 이미지와 같은 2차원 데이터와 커널 사이의 컨볼루션 계산을 반복하며 최적의 커널 조합을 학습하는 신경망으로, 별도의 수동적인 특징 추출 없이 이미지 간의 공통적인 특징을 학습하는 신경망이며, 정확한 패턴 인식 또는 이미지 분류 훈련 모델을 생성할 수 있고, 이미지화 가능한 생체신호 분류 분야에 광범위하게

활용되고 있다.

- [0043] 본 발명에서는 예를 들어, 제1가래유형, 제2가래유형, 및 정상유형 각각에 스펙트로그램 이미지화된 호흡음 샘플들을 동일한 비율, 바람직하게는 7:3 또는 8:2의 훈련 데이터 세트와 검증 데이터 세트로 임의 분리할 수 있다. 상기 유형 별로 분리된 훈련 데이터들과 검증 데이터들은 각각 전체 훈련 데이터 세트, 검증 데이터 세트를 구성할 수 있다. 상기 전체 훈련 데이터 세트는 합성곱신경망을 통해 훈련하며 각 유형 별 이미지의 공통적인 특징을 학습할 수 있다. 이렇게 학습된 합성곱신경망 모델로 구현되는 상기 딥러닝 모델은 모델검증부(150)가 검증 데이터 세트를 입력하여 예측 결과와 실제 결과를 비교, 분류 성능을 평가하여 최적의 모델을 선정하도록 마련될 수 있다.
- [0045] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법의 개략적인 동작 순서를 나타낸 흐름도이다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법은 기관절개술 환자의 호흡음 데이터를 수집하는 수집단계(S10); 상기 수집된 호흡음 데이터를 스펙트로그램(Spectrogram) 이미지로 변환하는 변환단계(S20); 및 상기 변환된 스펙트로그램 이미지들 간의 패턴 차이에 기반하여 딥러닝 모델로 기관절개술 환자의 가래 유형을 판단하는 판단단계(S30);를 포함하여 구성될 수 있다. .
- [0047] 상기 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 방법은 이미 분류된 호흡음 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증하는 검증 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0049] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템의 이미지변환부에서 호흡음 데이터를 스펙트로그램 이미지로 변환하는 동작을 나타낸 흐름도이다.
- [0050] 도 3을 참조하면, 상기 이미지변환부(130)의 동작은 한번의 호흡 주기에 대응하는 호흡음 샘플 데이터를 입력(S110)하고, 상기 호흡음 샘플 데이터를 복수개의 해밍창(Hamming window)으로 분할(S120)하고, 상기 복수개의 해밍창으로 분할된 호흡음 샘플 데이터를 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier transform, DFT)한다. 상기 이산 푸리에 변환된 호흡음 샘플 데이터를 시간 순으로 병합(S140)하고, 이미지화하기 위한 목표 주파수 영역을 설정(S150)하고, 스펙트로그램 이미지로 변환(S160)한다.
- [0051] 하나의 호흡음 샘플 데이터는 예를 들어, 512개의 해밍 창으로 분할 될 수 있으며, 상기 하나의 해밍 창에 해당하는 샘플 데이터는 512 포인트로 이산 푸리에 변환될 수 있다. 이렇게 주파수 스펙트럼으로 변환된 해밍 창의 데이터들은 시간순으로 병합되며, 병합된 연속 스펙트럼 데이터에서 호흡의 변화가 명확히 나타나는 0 내지 12 kHz의 주파수 영역을 목표 주파수 영역으로 설정할 수 있으며 이 때, 스펙트로그램 이미지의 픽셀 수는 도 4와 같이 640X360 픽셀로 설정될 수 있다. 여기서, 상기 해밍 창의 개수, 이산 푸리에 변환에 적용되는 포인트의 개수, 주파수 범위, 및 이미지의 픽셀 수는 이에 제한되지 않으며, 더하여 선형 주파수 범위가 아닌 1/3 옥타브 스케일 혹은 멜로디 주파수(mel-frequency) 스케일이 적용된 스펙트로그램 이미지로의 변환이 적용될 수도 있다.
- [0053] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템에서 가래 유형에 따른 호흡음 샘플의 파형과 변환된 스펙트로그램 이미지를 나타낸 그림이다.
- [0054] 도 4를 참조하면, 상기 가래 유형은 강도 높은 가래가 호흡 통로에 고정되어 통로의 단면적을 좁힌 경우로, 2 kHz 이상의 주파수 영역에서 연속적이고 광범위하며, 큰 음압을 가진 호흡음이 발생하는 (a)제1가래유형, 변형 가능한 가래가 기관의 특정 위치 혹은 기관절개관에 부착된 상태로, 상기 변형 가능한 가래의 저주파 진동으로 인한 그르렁거리는 호흡음을 유발하여, 스펙트로그램 이미지 상에 반복된 수직선이 나타나는 (b)제2가래유형, 호흡 통로 내에 장애물이 거의 없는 경우로, 2 kHz 미만의 주파수 영역에서 상대적으로 작은 음압의 호흡음이 관찰되는 (c)정상유형으로 나눌 수 있다.
- [0055] 이러한 분류에 따르면, 상기 (a), (b), (c)를 시각적으로도 명확히 구별이 가능하여, 상기 스펙트로그램 이미지로 기관절개술 환자의 가래 유형 판단이 가능함을 나타낸다.

[0057] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템의 딥러닝 모델의 검증을 위한 혼동 행렬(a)과 분류 성능 평가 지표(b)를 나타낸 예시도이다.

[0058] 도 5를 참조하면, 모델검증부(150)는 도 5의 혼동행렬(a)과 분류 성능 평가 지표(b)를 바탕으로 상기 딥러닝 모델의 정확도를 검증할 수 있다.

[0059] 딥러닝 모델에 따른 기관절개술 환자의 호흡음 분류 성능의 평가 지표는 제1가래/제2가래/정상 3개의 유형으로 분류 하는 경우, 흡인이 필요한 호흡음(제1가래 + 제2가래)/정상 2개의 유형으로 분류 하는 경우에 따라서 (b)와 같이 5개의 지표를 선정하였다. 도 5는 어디까지나 하나의 예시이며, 다른 성능 평가 지표를 반영하는 것도 가능하다.

표 1

3 유형 분류	분류기 이름	전체 정확도	가래 분류 정확도
스펙트로그램 합성곱신경망	AlexNet	0.8938	0.9660
	VGG_16	0.8799	0.9509
	ResNet_50	0.9027	0.9489
	Inception_v3	0.9001	0.9461
	MobileNet	0.8951	0.9514

[0061] 상기 표 1은 상기 도 5의 3 유형 분류에서 딥러닝 모델로 합성곱신경망의 AlexNet, VGGNet, ResNet, Inception, MobileNet을 사용했을 경우 각각에 대해서 성능 평가 지표로 전체 정확도와 가래 분류 정확도를 계산하여 나타낸 표이다. 상기 표 1을 살펴보면, ResNet이 전체 정확도 평가 지표 상에서 0.9027로 가장 높은 성능을 나타내고, 가래 분류 정확도 면에선 AlexNet이 가장 높은 성능을 나타낸다. 상기의 평가 지표에 따르면, 모든 합성곱신경망 모델에 대해서 전체 정확도는 최소 0.8799를, 가래 분류 정확도는 최소 0.9461의 성능을 나타낸다.

표 2

2 유형 분류	분류기 이름	민감도	특이도	AUC
스펙트로그램 합성곱신경망	AlexNet	0.9401	0.8690	0.9586
	VGG_16	0.9341	0.8655	0.9527
	ResNet_50	0.9381	0.9241	0.9650
	Inception_v3	0.9261	0.9414	0.9608
	MobileNet	0.9441	0.8897	0.9549

[0063] 상기 표 2는 상기 도 5의 2 유형 분류에서 딥러닝 모델로 합성곱신경망의 AlexNet, VGGNet, ResNet, Inception, MobileNet을 사용했을 경우 각각에 대해서 성능 평가 지표로 민감도(Sensitivity), 특이도(Specificity), AUC(Area Under Curve)를 계산하여 나타낸 표이다. 상기 표 2를 살펴보면, 모든 합성곱신경망 모델에서 민감도 0.9261, 특이도 0.8655, 그리고 AUC 0.9527 이상의 성능 지표를 달성하였다. 환자 케어의 관점에서 높은 민감도가 높을수록 환자의 위급 상황을 방지할 수 있는 모델이며, MobileNet을 적용했을 때 가장 높은 민감도 0.9441를 달성한 것으로 보아 MobileNet이 환자 케어 관점에서 가장 성능이 뛰어난 모델이다.

[0065] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 호흡음을 이용한 가래 유형 판단 시스템에서 유형을 두가지로 분류했을 경우에 수신자 조작 특성(Receiver Operating Characteristics, ROC) 곡선을 나타낸 그래프이다.

[0066] 수신자 조작 특성 곡선은 민감도와 특이도로 그려지는 곡선을 의미한다. ROC 분석은 주로 검사도구의 유용성을 판단하거나 검사의 정확도를 평가하는데 사용되고, 진단을 위한 도구 개발에서 검사의 기준점(Cut Point)을 설정하는 경우에도 활용될 수 있다. 이러한 분석을 위해서는 최소한 2개 이상의 변수가 있어야 하고, 두개의 변수 중 하나는 반드시 진단 결과 또는 검사 결과를 나타낸 이분형 변수여야 한다.

[0067] 도 6을 참조하면, x축인 FPR(False Positive Rate)은 양성(가래 흡인이 필요한 상태)이라고 예측했을 때 진단이 음성(정상)인 경우의 비율, y축인 TPR(True Positive Rate)은 양성이라고 예측했을 때, 진단이 양성으로 일치할 경우의 비율을 나타낸다. 상기 도 6에서, 수신자 조작 특성 곡선 아래 영역의 넓이는 AUC를 나타내고 상기 표 2

에 도시된 바와 같이, ResNet이 0.9650으로 가장 높은 값을 보이고, VGG가 0.9527로 가장 낮은 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서, 수신자 조작 특성(Receiver Operating Characteristics, ROC) 곡선에 따르면 ResNet이 가장 나은 성능을 보인다고 판단할 수 있다.

[0068] 상기 딥러닝 모델은 사용되는 합성곱신경망 모델에 따라 평가 성능 지표 각각에 대해서 차이를 보인다. 이러한 점에서 상기 합성곱신경망 모델의 선정은 상기 평가 성능 지표 중에서 어떠한 성능 지표에 가중치를 두느냐에 따라서 달라질 수 있다.

[0069] 이상에서 설명된 호홉음을 이용한 가래 유형 판단 시스템 및 가래 유형 판단 방법은 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 시스템, 장치, 방법 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU), 그래픽 프로세싱 유닛(Graphics Processing Unit; GPU), ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 주문형 집적 회로(Application Specific Integrated Circuits; ASICS), 서버, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 기타 다른 어떠한 컴퓨팅 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다.

[0070] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0071] 본 발명의 범위는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

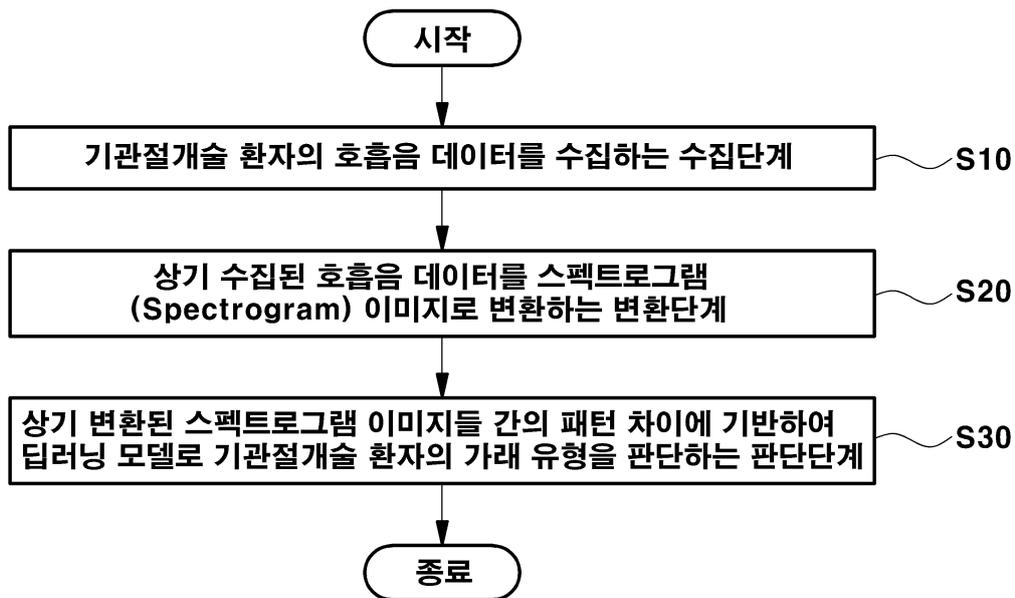
- [0073] 100: 가래 유형 판단 시스템
- 110: 데이터수집부
- 120: 호홉음추출부
- 130: 이미지변환부
- 140 : 가래유형판단부
- 150: 모델검증부

도면

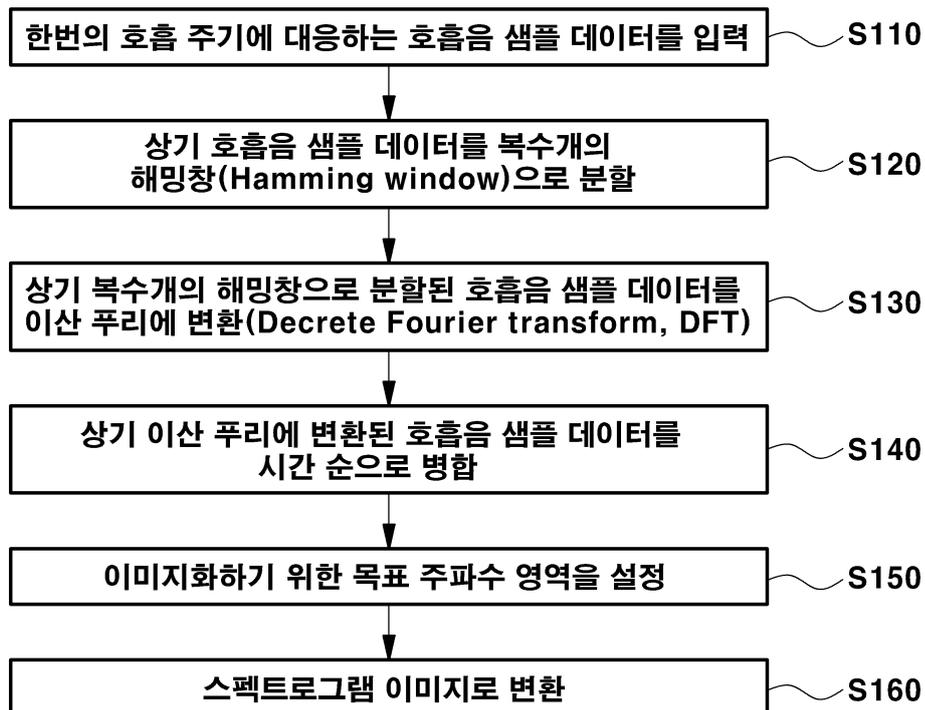
도면1



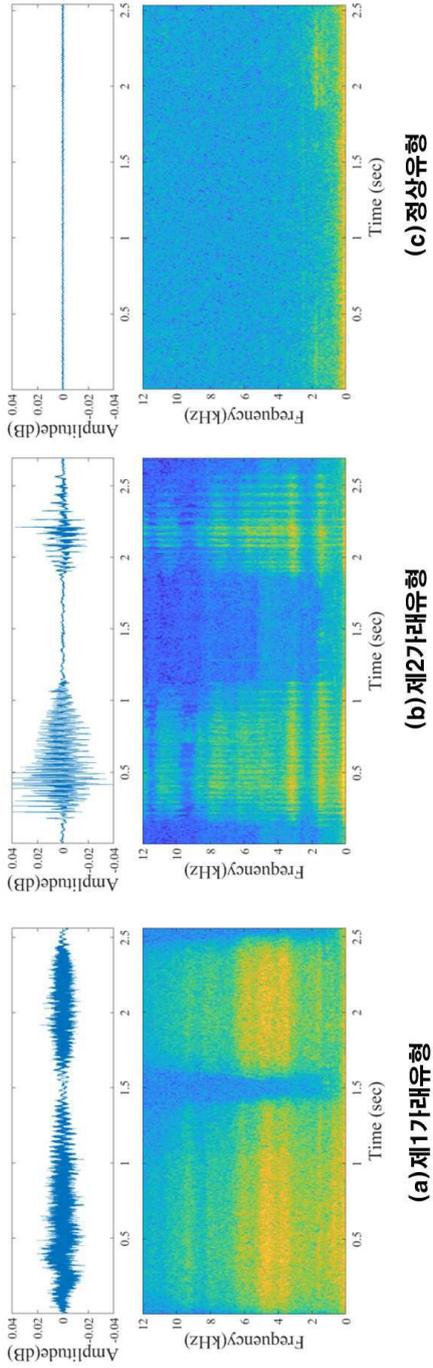
도면2



도면3



도면4



도면5

실제 분류	제2 가래 (S ₂)	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
	제1 가래 (S ₁)	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃
	정상 (N)	A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃
		제1 가래	제2 가래	정상
예측 분류				

(a)

평가지표		계산 방법
3 유형 분류 제1 가래/제2 가래/정상	전체 정확도 (accuracy)	$\frac{A_{11} + A_{22} + A_{33}}{S_1 + S_2 + N}$
	가래 분류 정확도	$\frac{A_{11} + A_{22}}{A_{11} + A_{12} + A_{21} + A_{22}}$
3 유형 분류 제1 가래+제2 가래/정상	민감도 (sensitivity)	$\frac{A_{11} + A_{12} + A_{21} + A_{22}}{S_1 + S_2}$
	특이도 (specificity)	$\frac{A_{33}}{N}$
	AUC (area under curve)	ROC 곡선 아래 영역 넓이

(b)

도면6

