



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0113700
(43) 공개일자 2015년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2014-0038074
(22) 출원일자 2014년03월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

권근주

서울특별시 성북구 송인로2길 61, 104동 1303호
(길음동, 길음동부센트레빌아파트)

(74) 대리인

특허법인 신지

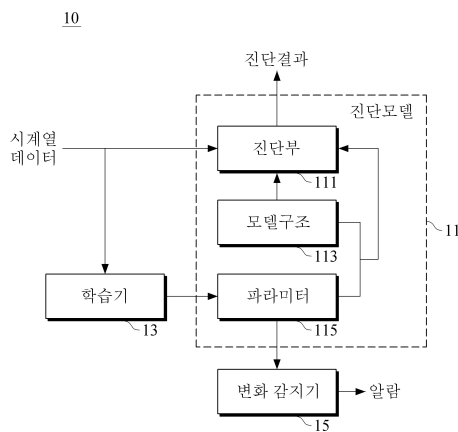
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 진단 시스템 및 방법

(57) 요약

진단 시스템 및 방법이 개시된다. 일 예에 따라, 진단 시스템은 시계열 데이터를 수신하고, 수신된 시계열 데이터를 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 진단모델부와; 상기 시계열 데이터를 학습 데이터로 이용하여 상기 파라미터를 실시간 변화시키는 학습기와; 상기 파라미터의 변화를 감지하고, 감지된 상기 파라미터의 변화에 기초하여 알람 신호를 출력하는 변화 감지기를 포함한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

시계열 데이터를 수신하고, 수신된 시계열 데이터를 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 진단모델부와;

상기 시계열 데이터를 학습 데이터로 이용하여 상기 파라미터를 실시간 변화시키는 학습기와;

상기 파라미터의 변화를 감지하고, 감지된 상기 파라미터의 변화에 기초하여 알람 신호를 출력하는 변화 감지기를

포함하는, 진단 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 변화 감지기는,

상기 파라미터의 값을 수신하는 수신부와;

상기 파라미터의 값과 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값을 비교하고, 상기 파라미터의 값과 상기 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 상기 파라미터의 변화를 판단하는 변화 판단부와;

상기 파라미터가 변화되었다고 판단되면 알람 신호를 출력하는 출력부를

포함하는, 진단 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 참조파라미터의 값은,

상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값과 동일한, 진단 시스템.

청구항 4

제 2 항에 있어서

상기 변화 판단부는,

상기 파라미터의 값이, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값으로부터 일정한 크기 이상 변화되는 경우, 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화되는 경우, 또는 일정한 크기 이상의 변화 속도나 가속도에 의해 변화하는 경우, 상기 파라미터가 변화되었다고 판단하는, 진단 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 변화 감지기는,

상기 파라미터의 값을 수신하는 수신부와;

상기 파라미터의 값의 확률 분포를 생성하는 분포 생성부와;

상기 파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값과 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값 사이의 차이에 기초하여 상기 파라미터의 값의 확률 분포의 변화를 판단하는 변화 판단부와;

상기 파라미터의 값의 확률 분포가 변화되었다고 판단된 경우 알람 신호를 출력하는 출력부를 포함하는, 진단 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 참조파라미터의 값의 확률 분포는,

상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 파라미터의 값의 확률 분포와 동일한, 진단 시스템.

청구항 7

제 5 항에 있어서

상기 변화 판단부는,

상기 파라미터의 값의 확률 분포의 분포의 평균 또는 분산이, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값의 확률 분포의 평균 또는 분산으로부터 일정한 크기 이상 변화되거나, 일정한 시간간 동안 같은 방향으로 변화하거나, 또는 변화 속도가 일정한 크기 이상으로 변화되면, 상기 파라미터의 값의 확률 분포가 변화되었다고 판단하는, 진단 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 진단모델부는,

숨겨진 노드 및 관찰가능한 노드를 포함하는 모델구조와;

상기 숨겨진 노드의 초기 분포와 시간 사이의 조건부 전이 확률 및 상기 숨겨진 노드와 상기 관찰가능한 노드 사이의 조건부 발산 확률을 포함하는 파라미터를

포함하는 HMM(Hidden Markov Model)에 기반하여 진단을 수행하는, 진단 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 HMM은, 관찰 대상으로부터 감지된 심전도(ECG, electrocardiography) 신호를 상기 시계열 데이터로서 입력받아 상기 관찰 대상의 심질환 상태를 추정 또는 예측하는 진단결과를 출력하는 것으로 모델링된 것이며;

상기 관찰가능한 노드의 값은, ECG 원신호(raw signal), 상기 ECG 원신호를 변환한 값, 또는 상기 심전도 원신호로부터 추출된 값을 포함하고;

상기 숨겨진 노드의 값은, 심방 수축 중, 심방 최대 수축, 심실 수축 중, 심실 최대 수축, 심실 이완 중, 및 휴지기를 포함하는 심장의 현재 상태를 나타내는 값, 심전도 상에 나타나는 의학적 의미를 가지는 특징을 나타내는 값, 또는 심박 상승, 심박 하강, 심박 고조, 심박 저하, 및 심박 안정 상태를 포함하는 신체의 상태를 모델링하는 상태를 포함하는,

진단 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 시계열 데이터는 적어도 하나의 원격의 단말로부터 상기 진단모델부로 수신되도록 통신망을 통해 전송되거나, 또는 상기 진단모델부에서 출력되는 진단결과는 적어도 하나의 원격의 다른 단말로 통신망을 통해 전송되는, 진단 시스템.

청구항 11

시계열 데이터를 수신하고, 수신된 시계열 데이터를 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 모델 기반 진단 단계와;

상기 시계열 데이터를 학습 데이터로 이용하여 상기 파라미터를 실시간 변화시키는 실시간 학습 단계와;

상기 파라미터의 변화를 감지하고, 감지된 상기 파라미터의 변화에 기초하여 알람 신호를 출력하는 파라미터 변화 감지 단계를

포함하는, 진단 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 파라미터 변화 감지 단계는,

상기 파라미터의 값을 수신하는 수신 단계와;

상기 파라미터의 값과 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값을 비교하고, 상기 파라미터의 값과 상기 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 상기 파라미터의 변화를 판단하는 변화 판단 단계와;

상기 파라미터가 변화되었다고 판단되면 알람 신호를 출력하는 출력 단계를

포함하는, 진단 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 참조파라미터의 값은,

상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값과 동일한, 진단 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서

상기 변화 판단 단계는,

상기 파라미터의 값이, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값으로부터 일정한 크기 이상 변화되는 경우, 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화되는 경우, 또는 일정한 크기 이상의 변화 속도나 가속도에 의해 변화하는 경우, 상기 파라미터가 변화되었다고 판단하는, 진단 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 파라미터 변화 감지 단계는,

상기 파라미터의 값을 수신하는 수신 단계와;

상기 파라미터의 값의 확률 분포를 생성하는 분포 생성 단계와;

상기 파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값과 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값 사이의 차이에 기초하여 상기 파라미터의 값의 확률 분포의 변화를 판단하는 변화 판단 단계와;

상기 파라미터의 값의 확률 분포가 변화되었다고 판단된 경우 알람 신호를 출력하는 출력 단계를

포함하는, 진단 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 참조파라미터의 값의 확률 분포는,

상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 파라미터의 값의 확률 분포와 동일한, 진단 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서

상기 변화 판단 단계는,

상기 파라미터의 값의 확률 분포의 분포의 평균 또는 분산이, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값의 확률 분포의 평균 또는 분산으로부터 일정한 크기 이상 변화되거나, 일정한 시간간 동안 같은 방향으로 변화하거나, 또는 변화 속도가 일정한 크기 이상으로 변화되면, 상기 파라미터의 값의 확률 분포가 변화되었다고 판단하는, 진단 방법.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 모델 기반 진단 단계는,

숨겨진 노드 및 관찰가능한 노드를 포함하는 모델구조와;

상기 숨겨진 노드의 초기 분포와 시간 사이의 조건부 전이 확률 및 상기 숨겨진 노드와 상기 관찰가능한 노드 사이의 조건부 발산 확률을 포함하는 파라미터를

포함하는 HMM(Hidden Markov Model)에 기반하여 진단을 수행하는, 진단 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 HMM은, 관찰 대상으로부터 감지된 심전도(ECG, electrocardiography) 신호를 상기 시계열 데이터로서 입력받아 상기 관찰 대상의 심질환 상태를 추정 또는 예측하는 진단결과를 출력하는 것으로 모델링된 것이며;

상기 관찰가능한 노드의 값은, ECG 원신호(raw signal), 상기 ECG 원신호를 변환한 값, 또는 상기 심전도 원신호로부터 추출된 값을 포함하고;

상기 숨겨진 노드의 값은, 심방 수축 중, 심방 최대 수축, 심실 수축 중, 심실 최대 수축, 심실 이완 중, 및 휴지기를 포함하는 심장의 현재 상태를 나타내는 값, 심전도 상에 나타나는 의학적 의미를 가지는 특징을 나타내는 값, 또는 심박 상승, 심박 하강, 심박 고조, 심박 저하, 및 심박 안정 상태를 포함하는 신체의 상태를 모델링하는 상태를 포함하는,

진단 방법.

청구항 20

제 11 항에 있어서,

상기 시계열 데이터는 적어도 하나의 원격의 단말로부터 상기 진단모델부로 수신되도록 통신망을 통해 전송되거나, 또는 상기 진단모델부에서 출력되는 진단결과는 적어도 하나의 원격의 다른 단말로 통신망을 통해 전송되는, 진단 방법.

발명의 설명

기술 분야

진단 기술에 관련된다. 보다 상세하게는 실시간 학습에 의해 파라미터를 갱신하는 진단모델을 이용한 진단 기술에 관련된다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 일반적으로, 시계열적 데이터를 입력 받아 진단모델을 사용하여 통계적으로 분석함으로써 진단결과를 출력하는 기술에 있어서, 진단모델의 성능을 향상시키기 위한 실시간 학습 기법이 알려져 있다.
- [0003] 예를 들어, 심부전 환자의 병세를 진단하기 위한 진단 시스템의 경우, 심전도(ECG, electrocardiography) 데이터와 같이 환자로부터 감지되는 데이터를 입력 받아 HMM(Hidden Markov Model)과 같은 진단모델을 사용하여 심부전 병세를 진단할 수 있다. 일반적으로 모델은 입력 데이터의 확률 분포가 미리 정의된 파라미터에 의해 기술되는 안정 분포를 따른다고 가정한다. 예컨대, 진단 시스템은 미리 정의되어 있는 진단모델에 따라 예컨대 현재 이전 1분 동안 등과 같은 일정 시간 간격 동안에 입력 ECG 데이터에 의해 생성되는 정규 분포를 생성하고, 이 정규 분포의 평균, 분산 등의 변수를 추출할 수 있다. 그런 다음 추출된 변수는 미리 정의되어 있는 파라미터에 기초하여 분석됨으로써 심부전 환자의 상태를 나타내는 진단결과가 도출될 수 있다.
- [0004] 특정 진단모델을 채용하는 진단 시스템의 진단 성능은, 진단모델의 파라미터가 입력 데이터를 잘 설명할 수 있도록 정의되어 있는가 여부에 따라 결정될 수 있다. 일반적으로 진단모델의 파라미터는 미리 저장해 둔 학습데이터를 이용하여 학습됨으로써 설정될 수 있다. 학습은 상대적으로 많은 양의 학습 데이터에 대한 반복적인 연산 과정이 필요하기 때문에, 통상적으로는 실제 진단 과정을 수행하기 이전에 사전 학습 과정을 통하여 이루어진다.
- [0005] 이러한 사전 학습과는 달리, 실시간 학습 기법은 진단모델의 파라미터를 입력되는 데이터에 의해 실시간으로 조정하는 기법이다. 위의 예에서, 입력되는 환자의 ECG 데이터를 학습데이터로서 이용하여, 현재 진단모델의 파라미터를 실시간으로 학습시킬 수 있다. 실시간 학습에 의해, 진단모델의 파라미터는 진단을 수행하는 동안 계속적으로 변화될 수 있다. 실시간 학습은 진단모델을 개인화(personalization)할 수 있다는 장점을 제공한다. 그렇지만, 실시간 학습은 현재 입력되는 데이터를 기준으로 파라미터를 변경하기 때문에, 사전 학습 결과 및 과거에 입력되었던 데이터에 의한 실시간 학습 결과가 사라지는 결과를 초래한다. 이런 이유로, 실시간 학습에 의해 변화된 파라미터를 가진 진단기는 초기의 진단 의도와는 다른 원하지 않는 결과를 출력할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 실시간 학습에 의해 파라미터를 갱신하는 진단모델에서, 파라미터의 변화를 감지하여 이를 진단에 이용하도록 한 진단 시스템 및 방법을 제안한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 일 양상에 따라, 진단 시스템은, 시계열 데이터를 수신하고, 수신된 시계열 데이터를 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 진단모델부와; 상기 시계열 데이터를 학습 데이터로 이용하여 상기 파라미터를 실시간 변화시키는 학습기와; 상기 파라미터의 변화를 감지하고, 감지된 상기 파라미터의 변화에 기초하여 알람 신호를 출력하는 변화 감지기를 포함할 수 있다.
- [0008] 일 실시예에 있어서, 상기 변화 감지기는, 상기 파라미터의 값을 수신하는 수신부와; 상기 파라미터의 값과 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값을 비교하고, 상기 파라미터의 값과 상기 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 상기 파라미터의 변화를 판단하는 변화 판단부와; 상기 파라미터가 변화되었다고 판단되면 알람 신호를 출력하는 출력부를 포함할 수 있다.
- [0009] 다른 실시예에 있어서, 상기 참조파라미터의 값은, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값과 동일할 수 있다.
- [0010] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 변화 판단부는, 상기 파라미터의 값이, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값으로부터 일정한 크기 이상 변화되는 경우, 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화되는 경우, 또는 일정한 크기 이상의 변화 속도나 가속도에 의해 변화하는 경우, 상기 파라미터가 변화되었다고 판단할 수 있다.
- [0011] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 변화 감지기는, 상기 파라미터의 값을 수신하는 수신부와; 상기 파라미터의 값의 확률 분포를 생성하는 분포 생성부와; 상기 파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값과 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값 사이의 차이에 기초하여 상기 파라미터의 값의 확률 분포의 변화를 판단하는 변화 판단부와; 상기 파라미터의 값의 확률 분포가 변화되었다고 판단

된 경우 알람 신호를 출력하는 출력부를 포함할 수 있다.

[0012] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 참조파라미터의 값의 확률 분포는, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 파라미터의 값의 확률 분포와 동일할 수 있다.

[0013] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 변화 판단부는, 상기 파라미터의 값의 확률 분포의 분포의 평균 또는 분산이, 상기 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값의 확률 분포의 평균 또는 분산으로부터 일정한 크기 이상 변화되거나, 일정한 시간간 동안 같은 방향으로 변화하거나, 또는 변화 속도가 일정한 크기 이상으로 변화되면, 상기 파라미터의 값의 확률 분포가 변화되었다고 판단할 수 있다.

[0014] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 진단모델부는, 숨겨진 노드 및 관찰가능한 노드를 포함하는 모델구조와; 상기 숨겨진 노드의 초기 분포와 시간 사이의 조건부 전이 확률 및 상기 숨겨진 노드와 상기 관찰가능한 노드 사이의 조건부 발산 확률을 포함하는 파라미터를 포함하는 HMM(Hidden Markov Model)에 기반하여 진단을 수행할 수 있다.

[0015] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 HMM은, 관찰 대상으로부터 감지된 심전도(ECG, electrocardiography) 신호를 상기 시계열 데이터로서 입력받아 상기 관찰 대상의 심질환 상태를 추정 또는 예측하는 진단결과를 출력하는 것으로 모델링된 것이며; 상기 관찰가능한 노드의 값은, ECG 원신호(raw signal), 상기 ECG 원신호를 변환한 값, 또는 상기 심전도 원신호로부터 추출된 값을 포함하고; 상기 숨겨진 노드의 값은, 심방 수축 중, 심방 최대 수축, 심실 수축 중, 심실 최대 수축, 심실 이완 중, 및 휴지기를 포함하는 심장의 현재 상태를 나타내는 값, 심전도 상에 나타나는 의학적 의미를 가지는 특징을 나타내는 값, 또는 심박 상승, 심박 하강, 심박 고조, 심박 저하, 및 심박 안정 상태를 포함하는 신체의 상태를 모델링하는 상태를 포함할 수 있다.

[0016] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 시계열 데이터는 적어도 하나의 원격의 단말로부터 상기 진단모델부로 수신되도록 통신망을 통해 전송되거나, 또는 상기 진단모델부에서 출력되는 진단결과는 적어도 하나의 원격의 다른 단말로 통신망을 통해 전송될 수 있다.

[0017] 그리고 다른 양상에 따라, 진단 방법은, 시계열 데이터를 수신하고, 수신된 시계열 데이터를 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 모델 기반 진단 단계와; 상기 시계열 데이터를 학습 데이터로 이용하여 상기 파라미터를 실시간 변화시키는 실시간 학습 단계와; 상기 파라미터의 변화를 감지하고, 감지된 상기 파라미터의 변화에 기초하여 알람 신호를 출력하는 파라미터 변화 감지 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상술한 양상들 및 실시예들, 그리고 그 이외의 다른 양상들이나 실시예들에 대해 아래의 상세한 설명에서 더 발견될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 실시간 학습에 의해 파라미터를 갱신하는 진단모델에서, 파라미터의 변화를 감지하여 이를 진단에 이용하도록 함으로써, 개인화된 진단모델을 사용하면서도 상대적으로 장기적인 변화를 검출할 수 있는 진단 시스템 및 방법을 구현할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 진단 시스템의 일 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 2는 도 1의 변화 감지기의 일 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 3은 도 1의 변화 감지기의 다른 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 4는 도 1의 변화 감지기의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 5는 진단 시스템의 다른 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 6은 진단 시스템의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 7은 진단 시스템의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도,
- 도 8은 진단 방법의 일 실시예를 나타낸 흐름도,
- 도 9는 도 8의 파라미터 변화 감지 단계의 일 실시예를 보여주는 흐름도,

도 10은 도 8의 파라미터 변화 감지 단계의 다른 실시예를 보여주는 흐름도,
 도 11은 도 8의 파라미터 변화 감지 단계의 또 다른 실시예를 보여주는 흐름도,
 도 12은 진단 방법의 다른 실시예를 나타낸 흐름도,
 도 13은 진단 방법의 또 다른 실시예를 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 시계열 데이터는 시간에 따라 연속적으로 감지된 데이터이다. 시계열 데이터에는, 인체로부터 감지하여 질병 진단을 위한 각종 생체 신호, 공장 내의 기계 또는 자동차 등의 컴포넌트들의 고장을 감지하기 위한 모니터링 신호, 일기 예보나 지진 관측 등을 위한 습도, 온도, 진동 등의 환경 데이터 등이 포함될 수 있다.
- [0022] 이러한 시계열 데이터는, 예를 들어, 생체 신호의 경우, 환자와 같은 관찰 대상에게 측정 센서를 부착함으로써 센서에 의해 자동으로 측정되도록 하거나 또는 수동으로 주기적으로 측정하도록 함으로써 획득될 수 있다. 이러한 시계열 생체 신호에는 심전도(ECG, electrocardiography) 데이터, 체온 측정 데이터, 혈액 분석 데이터, 산소 포화도 측정 데이터 등이 포함될 수 있다.
- [0023] 이하에서는, 실시예가 비록 심전도 신호 즉 ECG 데이터를 분석하여 심부전 환자를 진단하기 위한 진단모델을 이용하여 예시적으로 기술되지만, 다양한 시계열 데이터를 분석하는 다양한 진단모델에 대하여 실시예가 적용가능하다는 것이 자명하다.
- [0024] 통계적 분석을 위한 진단모델을 통해 시계열 데이터로부터 추정 또는 예측된 진단결과를 도출하는 기술에 있어서, 실세계의 관심 대상들 중 모델링이 가능한 대상만이 분석 대상으로 포함될 수 있다. 즉, 진단모델에 의해 진단될 수 있는 관심 대상은 오직 진단모델에 의해 모델링될 수 있는 상태뿐인 것이다. 현실적으로 실세계의 관심 있는 대상들 모두를 포함시켜 모델링하는 것은 불가능하다. 진단모델에 의해 정상적으로 진단되는 상태뿐만 아니라, 진단모델에 의한 정상적 진단이 불가능한 상태가 오히려 의미있는 관심 대상일 수도 있다. 이러한 모델을 통한 진단의 한계를 극복하기 위하여 기존에 다양한 기법들이 개발되어 있으며, 예를 들어, 에러 감지 기법이 알려져 있다.
- [0025] 에러 감지 기법은, 예컨대 CUSUM(cumulative sum) 알고리즘, 칼만 필터 등을 이용하여, 진단모델로부터 출력되는 진단결과와 에러의 크기가 일정한 범위를 벗어나는지를 감지하는 기법이다. 이러한 에러 감지 기법은 진단모델의 에러가 일정 범위를 벗어나는지를 감지하고, 벗어난 경우 정상 상태가 아닌 에러 상황을 인식할 수 있다. 이와 같은 에러 상황이 인식된 경우, 인식된 에러 상황의 의미를 알 수 없기 때문에, 해당하는 진단결과를 무시할 수 있다. 또는 에러 상황을 진단결과 중에 포함시키도록 진단모델의 파라미터가 조정되는 등의 조치가 취해질 수 있지만, 이를 위해서는 동일 유사한 에러 상황이 다수 검출된 경우 그리고 에러 상황이 어떤 의미를 가지는지에 대한 해석이 가능해야만 한다는 한계가 있다.
- [0026] 한편, 진단모델의 에러의 크기를 최소화하기 위한 기술로서 실시간 학습 기술이 알려져 있다. 임의의 모델에 있어서, 파라미터는 모델로 입력되는 데이터를 가장 잘 설명할 수 있는 값으로서 설정되는 것이 바람직하며, 이러한 파라미터의 설정은 학습을 통해 이루어질 수 있다. 일반적으로 학습은, 사전에 준비된 학습용 데이터를 이용하여, 모델의 파라미터를 조정하는 사전 학습 과정에 의해 이루어진다. 반면에 실시간 학습은, 모델이 동작하는 동안 계속 추가되는 입력 데이터를 학습 데이터로서 이용하여 실시간으로 모델의 파라미터를 조정하는 과정이다.
- [0027] 이와 같이 실시간 학습은 모델의 파라미터를 입력 데이터를 이용하여 실시간으로 연속 갱신하기 때문에, 모델의 파라미터가 입력 데이터를 가장 잘 설명하는 파라미터로 적응될 수 있다는 장점을 가진다. 이것은 개인에 따라 조금씩 서로 다른 개인적인 데이터에 기초하여 질병을 진단해야 하는 의료 진단 분야에서 진단모델을 개인화할 수 있다는 장점을 제공한다.
- [0028] 그렇지만, 실시간 학습 진단모델에서는, 파라미터가 최신의 데이터에 의하여 연속적으로 학습되므로, 이러한 실시간 학습에 의하여 이전에 학습되었던 정보가 사라진다. 이 때문에 실시간 학습된 진단모델은, 실시간 학습되기 전 진단모델과는 너무나 달라져 버릴 수 있고, 이에 따라 처음 의도와는 완전히 다른 결과를 출력할 수 있는 지식 오염(knowledge corruption)의 문제가 있다.
- [0029] 또한 실시간 학습 진단모델에서는 과거 파라미터 값이 현재 파라미터 값으로 변경되고, 과거 파라미터 값이 사라진다. 이 때문에, 비교적 장기에 걸친 진단결과들 사이의 변화 추이가 관심 대상인 경우에, 실시간 학습 진단

모델을 적용하기 어렵다.

- [0030] 예를 들어, 심부전 증세를 보이고 있는 환자에게 있어서, 특정 진단모델은 상대적으로 단기간 동안의 ECG 데이터 상의 변화에 기초하여 환자의 현재 심부전 증세를 나타낼 수 있는 진단결과를 도출할 수 있다. 하지만, 이러한 진단모델에 의해 단기간 변화에 기초하여 비교적 건강 상태로부터 본격적인 치료가 필요한 심부전 상태로 변화하는 시점과 같은 임계점을 식별하기는 어렵다. 이러한 임계점의 식별은 건강한 상태와 병적인 상태 사이의 걸음으로 드러나는 차이가 크지 않는 질병의 초기 단계의 경우에 더욱 어렵다. 질병의 초기 단계에서 치료를 시작하는 경우 치료의 효과가 가장 높기 때문에, 건강 상태에서 질병의 초기 단계로 변화하는 임계점을 발견하는 것은 의학적 진단 분야에서 중요한 과제이다.
- [0031] 실시간 학습 진단모델을 이용하는 진단 기법에 있어서, 진단모델의 파라미터는 초기 값으로부터 실시간 학습에 의해 변화된다. 파라미터의 초기 값은 다수의 건강한 사람으로부터 획득된 평균적인 데이터에 의해 학습된 것일 수 있다. 파라미터의 변화된 값은 진단 대상인 특정 개인의 특정 시기의 데이터에 의해 학습된 것일 수 있다. 그러므로, 파라미터의 과거 값으로부터 파라미터의 현재 값들 사이의 모든 파라미터 값들은, 진단 대상인 특정 개인의 특정 시기의 상태를 나타내는 것으로 생각될 수 있다. 더 나아가 파라미터의 과거 값으로부터 파라미터의 현재 값들 사이의 모든 파라미터 값들과 파라미터의 초기 값 사이의 차이는, 평균적으로 건강한 상태와 진단 대상인 특정 개인의 특정 시기의 상태와의 차이를 나타내는 것으로 생각될 수 있다.
- [0032] 그러므로, 실시간 학습 진단모델에 있어서, 과거 파라미터로부터 현재 파라미터까지 얼마나 변화되었는지를 감지함으로써, 과거의 상태와 현재의 상태 사이의 상대적으로 장기적인 변화에 기초하는 진단결과를 도출할 수 있다. 이러한 장기적인 변화에 기초하는 진단결과는, 예를 들어, 건강한 상태에서 병적인 상태로 천이하는 임계점, 즉 치료를 시작하여야 하는 시점을 결정하는 중요한 자료를 제공할 수 있다.
- [0033] 실시예에 따라, 진단 시스템 및 방법은, 실시간 학습에 의해 진단모델의 파라미터 값을 변화시키고, 파라미터 값의 시간에 따른 변화 추이를 감지할 수 있다. 이에 따라 실시간 학습에 의해 개인에게 최적화된 진단결과를 도출하는 개인화된 진단기를 제공할 뿐만 아니라, 상대적으로 단기적인 변화에 기초하는 진단결과를 도출하는 진단모델을 이용하여 상대적으로 장기적인 변화에 기초하는 진단결과를 도출할 수 있는 진단 기술을 제공할 수 있다.
- [0034] 또한 실시예에 따라, 진단 시스템 및 방법은, 실시간 학습에 의해 진단모델의 파라미터 값을 변화시키고, 파라미터 값 또는 파라미터 값의 분포의 성질을 나타내는 값의 시간에 따른 다양한 변화 상태를 감지할 수 있다. 감지되는 변화 상태는 변화량, 변화 방향, 변화 속도, 변화 가속도 등을 포함할 수 있다. 변화량 감지는, 파라미터 값 또는 분포의 성질을 나타내는 값이 초기 값으로부터 어느 정도의 크기로 변화한 것인지를 감지할 수 있다. 변화 방향 감지는 파라미터 값 또는 분포의 성질을 나타내는 값의 변화가 증가하는 방향으로 이루어지고 있는지 또는 감소하는 방향으로 이루어지고 있는지를 감지할 수 있다. 또한 변화 속도 또는 가속도 감지는 파라미터 값 또는 분포의 성질을 나타내는 값의 변화가 서서히 이루어지고 있는지 급격히 이루어지고 있는지를 감지할 수 있다. 이에 따라 실시간 학습에 의해 개인에게 최적화된 진단결과를 도출하는 개인화된 진단기를 제공할 뿐만 아니라, 실시간 학습에 의해 이루어지는 파라미터 변화의 다양한 양상에 따른 진단결과를 도출할 수 있는 진단 기술을 제공할 수 있다.
- [0035] 그리고 실시예에 따라, 진단 시스템 및 방법은, 실시간 학습에 의해 진단모델의 파라미터 값을 변화시키고, 파라미터의 변화를 감지함으로써, 파라미터 변화 감지에 기초하여 진단모델에서 가정하고 있는 데이터 분포가 안정분포(stationary distribution)가 아닌 비안정분포(non-stationary distribution)임을 판단할 수 있다.
- [0036] 일반적으로 모델 기반 데이터 분석이 전제하는 가정들 중 하나는, 데이터 분포가 안정분포를 따른다는 것이다. 다시 말해서 진단모델 기반 입력 데이터 분석을 수행하는 진단기는 입력 데이터의 분포가 미리 정의된 안정분포를 따른다는 전제하에 진단을 수행하고 진단결과를 도출할 수 있다. 만약 입력 데이터의 분포가 미리 정의된 안정분포가 아닌 비안정분포라면, 진단기에 의한 진단이 불가능한 상황, 즉 이상 상황이라고 판단될 수 있다. 그런데, 실시간 학습에 따라 파라미터가 변화하는 진단기에 있어서, 입력 데이터는 진단모델에서 파라미터를 통해 미리 정의하고 있는 안정분포를 조정하기 위한 학습 데이터로서 이용된다. 실시간 학습된 파라미터를 가지는 진단모델 자체는 입력 데이터의 분포가 비안정분포라고 판단하기 어렵고, 따라서 지식 오염과 같은 문제가 발생할 수 있다. 그러므로, 지식 오염을 회피하고 이상 상황을 감지하기 위해 진단모델의 변화를 감지하는 것이 필요하다.
- [0037] 실시예는 파라미터의 변화를 감지함으로써 진단모델의 변화를 감지할 수 있다. 진단모델의 파라미터가 변화하였

다는 것은, 현재 진단모델에서 정의하는 데이터 분포가 과거 진단모델에서 정의하였던 안정분포에서 벗어난 불안정분포라는 것을 의미할 수 있다. 이와 같이, 실시예에 따라, 개인에게 최적화된 진단결과를 도출하는 개인화된 진단모델을 제공할 뿐만 아니라, 진단모델의 변화를 감지함으로써 진단모델에 의해 판단 불가능한 이상 상황을 발견할 수 있는 진단 기술을 제공할 수 있다.

[0038] 실시예에 따른 진단 시스템 및 진단 방법은, 진단모델의 파라미터의 변화를 감지한다는 면에서 기존의 진단모델 변화 감지 기법과 구별될 수 있다. 기존 진단모델 변화 감지 기법은 진단모델 자체가 변화하는 것을 가정해야만 한다는 한계가 있지만, 실시예의 진단 방법(800)은 진단모델의 변화를 가정할 필요가 없다. 또한 기존 진단모델 변화 감지 기법은 정상 상태가 아닌 이상 상태를 감지하기 위하여, 이상 상태에 대한 모델링을 필요로 하며 또한 이상 상태에 대응하는 학습 데이터를 확보하여 파라미터를 학습시켜야 할 필요가 있었다. 하지만, 실시예에 따른 진단 시스템 및 진단 방법은 정상 상태를 나타내는 학습 데이터만을 이용하여 학습한 파라미터를 가진 진단모델을 통해 이상 상태를 감지할 수 있게 한다.

[0039] 실시예에 따른 진단 시스템 및 진단 방법을 통해 심질환과 같은 질병을 진단하는 경우, 질병 진단을 위한 확률 모델인 진단모델의 파라미터의 실시간 학습에 의한 변화를 감지함으로써, 심박수와 같이 측정될 수 있는 데이터로는 판단하기 어려운 심부전의 예후, 급성 심장 마비의 예측과 같은 의료적으로 의미있는 판단이 가능해질 수 있다.

[0040] 아래에서 진단 시스템 및 방법이 도면들을 참조하여 예시로서 기술된다.

[0041] 이하 도 1 내지 도 7을 참조하여 진단 시스템의 실시예들이 기술된다. 도 1 내지 도 7을 참조하여 기술된 진단 시스템들은 단지 예시에 불과하다. 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는, 청구항들의 범위 내에서 다양한 조합의 다른 시스템들이 가능하다는 것을 쉽게 이해할 것이다. 진단 시스템의 컴포넌트들은, 각각의 기능을 구현하는 회로들을 포함하는 하드웨어에 의해 구현될 수 있다. 또한 진단 시스템의 컴포넌트들은, 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해 수행되면 특정 태스크를 실행할 수 있도록 하는 컴퓨터-실행가능 소프트웨어, 펌웨어 및 하드웨어의 조합에 의해 구현될 수도 있다.

[0042] 도 1은 진단 시스템의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.

[0043] 도 1을 참조하면, 실시간 학습에 의해 파라미터가 변화되는 진단모델에서, 파라미터의 변화가 감지되는 진단 시스템(10)이 예시된다.

[0044] 진단 시스템(10)은 진단모델부(11), 학습기(13), 변화 감지기(15) 등의 컴포넌트들을 포함할 수 있다.

[0045] 진단모델부(11)는 모델 기반 데이터 분석을 통해 입력 데이터로부터 진단결과를 도출하는 컴포넌트로서, 확률 모델에 기반하여 동작할 수 있다. 진단모델부(11)는 시계열 데이터를 수신하고, 미리 저장되어 있는 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하고, 진단결과를 출력할 수 있다.

[0046] 진단모델부(11)는 진단부(111), 모델구조(113) 및 파라미터(115)를 포함할 수 있다. 진단모델부(11)는 모델구조(113) 및 파라미터(115)에 따라 진단을 수행하는 진단부(111) 및 모델구조(113)에 따라 결정되는 파라미터(115)를 포함한다. 모델구조(113)은 다양한 확률 모델 중 하나의 모델의 구조를 채용할 수 있으며, 파라미터(115)는 모델구조(113)에 따라 진단결과를 도출하기 위한 기준 또는 조건일 수 있다.

[0047] 예를 들어 진단모델부(11)가 HMM(Hidden Markov Model)과 같은 확률 모델을 채용한 컴포넌트일 경우를 고려하자. HMM은 관찰가능한 노드(observable node)와 숨겨진 노드(hidden node)를 포함하는 모델구조를 가지는 시계열 확률 모델이다. 이 경우, 모델구조(113)는 관찰가능한 노드 및 숨겨진 노드의 연관 구조를 포함할 수 있다. 숨겨진 노드는 바로 전 시간 단계의 숨겨진 노드의 상태에만 관련이 있으며 다른 시간 단계와는 무관한 마코프 성질(markov property)을 가진다. 관찰가능한 노드는 오직 동일 시간 단계의 숨겨진 노드와만 관련이 있는 구조로 되어 있다. 또한 이 경우, 파라미터(115)는 숨겨진 노드의 초기 분포와 시간 사이의 "조건부 전이 확률" 및 숨겨진 노드와 관찰가능한 노드 사이의 조건부 발산 확률을 포함할 수 있다.

[0048] 파라미터(115)의 초기 값은 미리 정의되어 있는 학습데이터를 이용하여 학습된 것일 수 있다. 예를 들어, 진단 모델부(11)가 ECG 데이터와 같은 시계열 데이터로부터 심질환 증세를 진단하는 경우, 파라미터(115)의 초기 값은 건강한 사람으로부터 측정된 다량의 평균적인 ECG 데이터를 모아 놓은 학습데이터를 이용하여 사전 학습된 것으로서 결정될 수 있다.

[0049] 파라미터(115)의 초기 값은, 진단모델부(11)의 진단 수행 동안에 학습기(13)에 의해 실시간 학습됨으로써, 초기 값으로부터 특정한 개인에 대해 개인화되도록 조정된 값으로 변화될 수 있다. 예컨대, 개인의 심질환 상태가 시

간에 따라 점진적으로 변화하는 경우, 개인으로부터 감지되는 ECG 데이터도 시간에 따라 점진적으로 변화되며, 이러한 ECG 데이터에 의해 실시간 학습되는 파라미터(115) 역시 시간에 따라 점진적으로 변화될 수 있다.

- [0050] 진단부(111)는 모델구조(113)와 파라미터(115)에 기초하여 입력 시계열 데이터에 대한 분석을 수행하고 예측 또는 추정 등의 처리를 하는 프로세싱 컴포넌트이다. 진단부(111)에 의해 예측 또는 추정된 값은 진단모델부(11)의 진단결과로서 출력될 수 있다.
- [0051] 학습기(13)는 진단모델부(11)에 입력되는 시계열 데이터를 학습 데이터로 이용하여 진단모델부(11) 내에 저장되어 있는 파라미터를 실시간 학습에 의해 변화시키는 실시간 학습 컴포넌트이다. 이러한 실시간 학습에 따라 진단모델부(11)의 파라미터(115)는 초기 값으로부터 변경된 현재 값으로 변화될 수 있다.
- [0052] 예를 들어, 진단모델부(11)이 심질환을 진단하기 위한 진단모델에 기초하여 동작하는 것이라면, 파라미터의 초기 값은 건강한 사람의 데이터를 학습 데이터로 이용하여 사전 학습됨으로써 결정될 수 있다. 그런 다음, 진단모델부(11)은 관찰 대상인 특정한 개인으로부터 감지된 ECG 데이터를 입력 데이터로서 수신하고 심질환을 진단하기 위해 분석하도록 동작할 수 있다. 이러한 진단모델부(11)의 동작 동안에, 학습기(13)는 현재 입력되는 ECG 데이터를 학습 데이터로 이용하여 진단모델부(11)의 파라미터를 초기 값으로부터 변경된 현재 값으로 변화시킬 수 있다. 진단모델부(11)은 현재 시간 단계 또는 다음 시간 단계의 데이터에 대한 진단 동작이, 현재 시간 단계에서 실시간 학습에 의해 변화된 파라미터를 이용하여 진단 동작을 수행하게 될 수 있다. 이에 따라 진단모델부(11)이 채용한 진단모델은 특정한 개인에 대해 적응된 즉 개인화된 진단모델로서 조정될 수 있다.
- [0053] 진단모델의 파라미터를 실시간으로 학습시키는 실시간 학습 기법은 종래에 잘 알려져 있으며, 예를 들어, 수치 해석(numerical analysis), 재귀적 추정 등이 이용될 수 있다.
- [0054] 변화 감지기(15)는, 진단모델부(11) 내의 파라미터의 변화를 감지하고, 감지된 파라미터의 변화가 미리 정의되어 있는 기준을 초과하면 변화감지 신호를 출력하는 컴포넌트이다. 진단모델부(11)는 특정 대상으로부터 직접 관찰된 시계열 데이터를 분석함으로써 시계열 데이터 내의 변화를 감지하고, 감지된 변화의 정도에 따라 미리 정의되어 있는 진단결과를 도출한다. 이에 비하여, 변화 감지기(15)는 진단모델부(11)의 파라미터가 변화되는 것을 감지하고, 파라미터의 변화 정도에 따라 진단모델부(11)에 의해서는 진단불가능하지만 중요한 의미를 가질 수 있는 간접적인 진단결과를 도출할 수 있게 한다.
- [0055] 실시간 학습에 의해 파라미터 값은 시간에 따라 초기 값으로부터 점진적으로 또는 급격하게 변화될 수 있다. 변화 감지기(15)는, 파라미터 값의 시간에 따른 변화를 감지할 수 있다. 또는 변화 감지기(15)는 파라미터 값의 확률 분포 및 이러한 확률 분포의 성질을 나타내는 평균 또는 분산과 같은 값을 계산할 수 있고, 계산된 값의 시간에 따른 변화를 감지할 수 있다(이하에서 분포의 성질을 나타내는 평균 또는 분산과 같은 값은 "분포 값"이 지칭한다).
- [0056] 또한, 변화 감지기(15)는 파라미터 값의 변화량 또는 파라미터 분포 값의 변화량의 크기가 일정한 크기 이상 변화하였음을 감지할 수 있다. 다시 말해서, 파라미터 값 또는 파라미터 분포 값의 변화량이 일정한 크기 이상인지 여부를 결정함으로써, 파라미터 변화를 감지할 수 있다. 예를 들어, 파라미터 값 또는 파라미터 분포 값이 초기 값으로부터 5% 또는 10% 보다 더 많이 증가 또는 감소한 값으로 변화되면, 파라미터가 변화된 것으로 판단될 수 있다. 더 나아가, 변화 감지기(15)는 파라미터 값 또는 파라미터 분포 값의 변화 상태, 예컨대 변화 방향, 변화 속도 또는 변화 가속도 등을 감지할 수 있다.
- [0057] 다시 말해서, 변화 감지기(15)는 파라미터의 초기 값이 미리 정해진 값 이상으로 변화하는 경우, 서서히 증가하는 경우, 서서히 감소하는 경우, 급격히 변화하는 경우 등을 감지할 수 있다. 또한 변화 감지기(15)는 초기 파라미터 분포의 평균 또는 분산이 미리 정해진 값 이상으로 변화하는 경우, 서서히 증가하는 경우, 서서히 감소하는 경우, 급격히 변화하는 경우 등을 감지할 수 있다. 이러한 변화 감지기(15)는 다양한 변화 감지 기법을 채용할 수 있는데, 예를 들어, CUSUM 알고리즘, 또는 일반화된 CUSUM 알고리즘 등과 같은 기법들 중 임의의 하나가 채용될 수 있다.
- [0058] 변화 감지기(15)로부터 출력되는 알람 신호는 파라미터의 변화가 감지되었음을 통지하는 신호이며, 별도의 부가 데이터를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 파라미터를 식별하는 데이터, 다수의 파라미터들 중에서 변화된 파라미터를 식별하는 데이터, 변화된 파라미터가 감지된 시점과 진단 시작 시점 사이의 시간 길이 등의 부가 데이터를 포함할 수 있다.
- [0059] 진단모델부(11)와 변화 감지기(15)는 각각 서로 독립적으로 동작할 수 있다. 예를 들어, 진단모델부(11)에서 출력되는 진단결과는 정상적인 상태를 나타내고 있다고 하더라도, 변화 감지기(15)에 의해 별도로 파라미터의 변

화가 감지되어 알람 신호가 출력될 수 있다. 변화 감지기(15)에서 출력되는 알람 신호는 진단모델부(11)의 파라미터가 초기 값으로부터 상당한 정도로 변화되었음을 의미할 수 있다. 이 경우, 알람 신호를 수신한 사용자는, 비록 알람 신호의 정확한 의미를 알 수는 없지만, 적어도 관찰 대상의 상태가 임의의 조치를 필요로 하는 정도의 변화를 나타내고 있다고 인식할 수 있다.

[0060] 또한, 변화 감지기(15)로부터 출력 되는 알람 신호는 진단모델부(11)의 개인화된 진단모델이 실시간 학습에 의해 초기 의도된 진단모델에 비하여 지나치게 변화되었음을 나타낼 수 있다. 다시 말해서, 현재 실시간 학습으로 변화된 진단모델에서 가정하고 있는 데이터 분포는 실시간 학습되기 전 과거 진단모델에서 가정하고 있었던 안정분포가 아닌 불안정분포라는 것을 나타낼 수 있다. 따라서, 설사 진단모델부(11)에 의해 출력되는 진단결과로부터 이상 상황이 감지되지 않는 경우라 할지라도, 변화 감지기(15)에서 알람 신호를 출력하는 경우, 알람 신호를 수신한 사용자는 관찰 대상의 상태가 임의의 조치를 필요로 하는 정도의 이상 상황임을 인식할 수 있다.

[0061] 이하 도 2 내지 도 4를 참조하여, 도 1의 진단 시스템(10)의 변화 감지기(15)를 더 상세히 설명한다.

[0062] 도 2는 도 1의 변화 감지기의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.

[0063] 도 2를 참조하면, 변화 감지기(20)는 파라미터 값의 변화를 감지하는 컴포넌트이며, 수신부(21), 변화 판단부(23), 출력부(25) 등의 컴포넌트를 포함할 수 있다.

[0064] 수신부(21)는, 도 1의 진단모델부(11)의 파라미터(115)로부터 현재 파라미터의 값을 수신하는 컴포넌트일 수 있다.

[0065] 변화 판단부(23)는, 수신부(21)에 의해 수신된 현재 파라미터의 값과, 변화 감지기(20) 내에 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값을 비교할 수 있다. 비교 결과 현재 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 파라미터의 변화를 판단할 수 있다.

[0066] 이때 참조파라미터의 값은, 파라미터가 실시간 학습에 의해 변화되기 전에 설정된 초기 값과 동일할 수 있다.

[0067] 변화 판단부(23)는 파라미터의 변화를 다양한 방식으로 판단할 수 있다. 예를 들어, 변화 판단부(23)는 현재 파라미터의 값이, 참조파라미터의 값 즉, 파라미터의 초기 값으로부터 일정한 크기 이상 변화된 경우에, 파라미터가 변화되었다고 판단할 수 있다. 또한 변화 판단부(23)는 현재 파라미터의 값이 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화한 경우에, 파라미터가 변화되었다고 판단할 수 있다. 예컨대, ECG 신호를 입력 받아 심질환을 진단하기 위한 진단 시스템에서 3개월 동안 계속 진단모델의 파라미터의 값이 증가한 경우, 또는 3개월 동안 계속 파라미터의 값이 감소한 경우에 파라미터가 변화되었다고 판단할 수 있다. 더 나아가 변화 판단부(23)는 파라미터 값의 변화 속도가 일정한 크기 이상으로 변화할 때, 파라미터가 변화되었다고 판단할 수 있다. 파라미터 값의 변화 속도는 파라미터가 서서히 증가하거나, 서서히 감소하거나, 급격히 증가하거나, 급격히 감소하는 경우를 판단할 수 있게 한다. 또한 변화 판단부(23)는 파라미터 값의 변화 속도가 아니라 변화 가속도를 관찰하여 파라미터의 변화를 판단할 수도 있다.

[0068] 출력부(25)는 변화 판단부(23)에 의해 파라미터가 변화되었다고 판단된 경우에 알람 신호를 출력하는 컴포넌트이다. 출력부(25)로부터 출력되는 알람 신호는 단순히 특정 파라미터의 변화가 감지되었음을 통지하는 신호일 수 있다. 이 경우, 알람 신호를 수신한 사용자는, 비록 알람 신호의 정확한 의미를 알 수는 없지만, 적어도 관찰 대상의 상태가 임의의 조치를 필요로 하는 정도의 변화를 나타내고 있는 상황 또는 이상 상황임을 인식할 수 있다.

[0069] 도 3은 도 1의 변화 감지기의 다른 실시예를 나타낸 블록도이다.

[0070] 도 3을 참조하면, 변화 감지기(30)는 파라미터 값의 확률 분포의 변화를 감지하는 컴포넌트이며, 수신부(31), 분포 생성부(33), 변화 판단부(35), 출력부(37) 등의 컴포넌트를 포함할 수 있다.

[0071] 수신부(31)는, 도 1의 진단모델부(11)의 파라미터(115)로부터 현재 파라미터의 값을 수신하는 컴포넌트일 수 있다.

[0072] 분포 생성부(33)는 현재 파라미터의 값의 확률 분포를 생성할 수 있다.

[0073] 변화 판단부(35)는, 분포 생성부(33)에 의해 생성된 현재 파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값과 변화 감지기(30) 내에 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값을 비교할 수 있다. 비교 결과 현재 파라미터의 분포 값과 참조 파라미터 분포 값 사이의 차이에 기초하여 현재 파라미터의 값의 확률 분포의 변화를 판단할 수 있다.

- [0074] 이때 참조파라미터의 값의 확률 분포는, 파라미터가 실시간 학습에 의해 변화되기 전에 설정된 초기 파라미터 값의 확률 분포와 동일할 수 있다.
- [0075] 변화 판단부(35)는 파라미터 확률 분포의 변화를 다양한 방식으로 판단할 수 있다. 예를 들어, 변화 판단부(35)는 현재 파라미터의 분포 값이, 참조파라미터의 분포 값 즉, 파라미터의 초기 분포 값으로부터 일정한 크기 이상 변화된 경우에, 파라미터 확률 분포가 변화되었다고 판단할 수 있다. 또한 변화 판단부(35)는 현재 파라미터의 분포 값이 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화한 경우에, 파라미터의 확률 분포가 변화되었다고 판단할 수 있다. 예컨대, ECG 신호를 입력 받아 심질환을 진단하기 위한 진단 시스템에서 3개월 동안 계속 진단모델의 파라미터의 분포 값이 증가한 경우, 또는 3개월 동안 계속 파라미터의 분포 값이 감소한 경우에 파라미터의 확률 분포가 변화되었다고 판단할 수 있다. 더 나아가 변화 판단부(23)는 파라미터 분포 값의 변화 속도가 일정한 크기 이상으로 변화할 때, 파라미터의 확률 분포가 변화되었다고 판단할 수 있다. 파라미터 분포 값의 변화 속도는 파라미터의 확률 분포가 서서히 증가하거나, 서서히 감소하거나, 급격히 증가하거나, 급격히 감소하는 경우를 판단할 수 있게 한다. 또한 변화 판단부(23)는 파라미터 분포 값의 변화 속도가 아니라 변화 가속도를 관찰하여 파라미터 확률 분포의 변화를 판단할 수도 있다.
- [0076] 출력부(37)는 변화 판단부(35)에 의해 파라미터의 확률 분포가 변화되었다고 판단된 경우에 알람 신호를 출력하는 컴포넌트이다.
- [0077] 도 4는 도 1의 변화 감지기의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도이다.
- [0078] 도 4를 참조하면, 도 2의 변화 감지기(20)와 도 3의 변화 감지기(30)의 결합의 일 예로서, 파라미터 값의 변화 뿐만 아니라 파라미터의 분포 값의 변화도 감지하는 컴포넌트로서 변화 감지기(40)가 도시된다. 변화 감지기(40)는 수신부(41), 분포 생성부(43), 변화 판단부(45), 출력부(47) 등의 컴포넌트를 포함할 수 있다.
- [0079] 수신부(41)는, 도 1의 진단모델부(11)의 파라미터(115)로부터 현재 파라미터의 값을 수신하는 컴포넌트일 수 있다.
- [0080] 분포 생성부(43)는 현재 파라미터의 값의 확률 분포를 생성할 수 있다.
- [0081] 변화 판단부(45)는, 수신기(41)에 의해 수신된 현재 파라미터의 변화를 판단할 수 있으며, 또한 분포 생성기(43)에 의해 생성된 현재 파라미터의 값의 확률 분포의 변화를 판단할 수 있다.
- [0082] 먼저, 변화 판단부(45)는, 분포 생성기(43)에 의해 생성된 현재 파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값과 변화 감지기(30) 내에 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 분포 값을 비교할 수 있다. 비교 결과 현재 파라미터의 분포 값과 참조 파라미터 분포 값 사이의 차이에 기초하여 현재 파라미터의 값의 확률 분포의 변화를 판단할 수 있다. 예를 들어, 변화 판단부(45)는 현재 파라미터의 분포 값이, 참조파라미터의 분포 값 즉, 파라미터의 초기 분포 값으로부터 일정한 크기 이상 변화된 경우, 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화한 경우, 일정한 크기 이상의 변화 속도 또는 가속도를 가지고 변화할 때, 파라미터의 확률 분포가 변화되었다고 판단할 수 있다. 만약 파라미터의 확률 분포가 변화되었다고 판단되면, 출력부(47)는 알람 신호를 출력할 수 있다.
- [0083] 만약 파라미터의 확률 분포가 변화되지 않았다고 판단되면, 변화 판단부(45)는, 수신부(41)에 의해 수신된 현재 파라미터의 값과, 변화 감지기(40) 내에 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값을 비교할 수 있다. 비교 결과 현재 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 파라미터의 변화를 판단할 수 있다. 예를 들어, 변화 판단부(45)는 현재 파라미터의 값이, 참조파라미터의 값 즉, 파라미터의 초기 값으로부터 일정한 크기 이상 변화된 경우에, 일정한 시간기간 동안 같은 방향으로 변화한 경우에, 파라미터 값의 변화 속도 또는 가속도도가 일정한 크기일 때, 파라미터가 변화되었다고 판단할 수 있다. 만약 파라미터가 변화되었다고 판단되면, 출력부(47)는 알람 신호를 출력할 수 있다.
- [0084] 도 5는 진단 시스템의 다른 실시예를 나타낸 블록도이다.
- [0085] 도 5를 참조하면, 관찰 대상으로부터 감지되어 생성되는 심전도(ECG, electrocardiography) 데이터를 수신하여 관찰 대상의 심질환을 진단하도록 모델링된 HMM에 기초하여 분석하는 진단모델을 채용한 진단시스템(50)이 예시된다. 진단시스템(50)은, 전처리부(51), 진단모델부(53), 학습기(55), 변화 감지기(57) 등의 컴포넌트를 포함할 수 있다.
- [0086] 전처리부(51)는 ECG 원신호를 웨이블릿 변환(wavelet transform) 또는 푸리에 변환(fourier transform) 등의 기법을 사용하여 변환할 수 있다. 또한 전처리부(51)는 ECG 원신호로부터 신호 처리 알고리즘을 통해 추출된 값

일 수 있다. 예를 들어, ECG 원신호로부터 심전도 상에 나타나는 특징점(feature)(예컨대, P, Q, R, S, T, U 등), 이들 특징점들 사이의 값(예컨대, P-P 혹은 R-R 간격, 심박수 값 등) 등이 추출된 값일 수 있다.

- [0087] 학습기(53)는, 도 1의 학습기(13)와 유사하게, 진단모델부(53)의 파라미터를 실시간 학습에 의해 변화시키는 컴포넌트이다. 변화 감지기(57)는, 도 1의 변화 감지기(15)와 유사하게, 진단모델부(53)의 파라미터의 변화를 감지하는 컴포넌트이며, 도 2 내지 도 4를 참조하여 기술된 변화 감지기(20, 30, 40) 중 어느 하나로 구현될 수 있다.
- [0088] 진단모델부(53)는 ECG 원신호 또는 전처리부(51)에 의해 처리된 신호를 수신하고, 진단모델로서 HMM(Hidden Markov Model)에 기반하여 진단을 수행할 수 있다. 진단모델부(53)는, 심질환 진단부(531), HMM 모델구조(533), 조건부 전이 확률 및 조건부 발산 확률을 포함하는 파라미터(535)를 포함한다.
- [0089] 심질환 진단부(531)는, 관찰 대상으로부터 감지된 심전도 신호를 시계열 데이터로서 입력 받고, HMM 모델구조(533) 및 파라미터(535)에 기초하여 분석함으로써, 관찰 대상의 심질환 상태를 추정 또는 예측하는 진단결과를 출력할 수 있다.
- [0090] HMM 모델구조(533)는 숨겨진 노드 및 관찰가능한 노드를 포함할 수 있다. 한편, 파라미터(535)는, 숨겨진 노드의 초기 분포와 시간 사이의 조건부 전이 확률 및 숨겨진 노드와 상기 관찰가능한 노드 사이의 조건부 발산 확률을 포함할 수 있다.
- [0091] ECG 신호로부터 심질환을 진단하도록 모델링된 HMM의 경우, 관찰가능한 노드의 값은, ECG 원신호(raw signal)일 수 있다. 또는 관찰가능한 노드의 값은 ECG 원신호가 전처리부(51)에 의해 처리된 값일 수 있다.
- [0092] 한편, 숨겨진 노드의 값은, 심방 수축 중, 심방 최대 수축, 심실 수축 중, 심실 최대 수축, 심실 이완 중, 및 휴지기를 포함하는 심장의 현재 상태를 나타내는 값, 심전도 상에 나타나는 의학적 의미를 가지는 특징을 나타내는 값, 또는 심박 상승, 심박 하강, 심박 고조, 심박 저하, 및 심박 안정 상태를 포함하는 신체의 상태를 모델링하는 상태 등을 포함할 수 있다.
- [0093] 예를 들어, 관찰가능한 노드의 값으로 심전도 원신호를 이용하고, 숨겨진 노드의 값으로서 신체의 상태를 모델링하는 상태, 즉 심박 상승, 심박 하강, 심박 고조, 심박 저하, 및 심박 안정 상태 등을 이용하는 경우를 고려하자.
- [0094] 이 경우 파라미터(535) 중 숨겨진 노드의 조건부 전이 확률의 변화 정도는 신체가 외부 환경에 반응하는 정도를 의미할 수 있다. 만약 조건부 전이 확률의 변화가 심박 안정 상태에서 심박 상승이 되거나 또는 심박 고조 상태로 변화하는 것을 나타낸다고 하면, 조건부 전이 확률이 빠르게 증가하는 변화는 심박 안정 상태에서 쉽게 또는 빠르게 심박이 상승되거나 고조 상태로 변화한다는 것을 의미하며, 따라서 신체 기능이 외부에 민감하게 반응하는 것을 의미할 수 있다. 반대로, 조건부 전이 확률이 빠르게 하강하는 변화는 심박 안정 상태에서 쉽게 또는 빠르게 심박이 저하되는 것을 의미하며, 따라서 신체 기능이 떨어지고 있다는 것을 의미할 수 있다. 그러므로, 숨겨진 노드의 조건부 전이 확률이 일정 정도 이상 변화하거나 서서히 증가 또는 감소하는 경우, 관찰 대상인 환자의 상태가 악화 또는 호전되고 있다고 판단될 수 있으며, 의료진의 재 진단이 필요하다고 판단될 수 있다.
- [0095] 한편 파라미터(535) 중 숨겨진 노드와 관찰가능한 노드 사이의 조건부 발산 확률은, 특정 시점에 환자의 심장의 심박 수와 심장의 상태 사이의 관계를 나타낼 수 있다. 이러한 조건부 발산 확률의 변화는, 관찰가능한 노드의 값의 변화를 통해서 알 수 있는 숨겨진 노드와의 관계 변화를 의미할 수 있다. 예를 들어, 심박 안정 상태에서 심전도 상에 나타나는 심박 수는 환자의 기저 심박수(baseline heart rate)를 의미할 수 있고, 조건부 발산 확률의 변화는 환자의 기저 심박수의 변화를 의미할 수 있다.
- [0096] 도 6은 진단 시스템의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도이다.
- [0097] 도 6을 참조하면, 관찰 대상으로부터 감지되어 생성되는 시계열 데이터를 수신하여 분석하는 진단모델을 채용한 진단시스템(60)이 예시된다. 진단시스템(60)은 실시간 학습에 의해 진단모델의 파라미터를 변화시키고, 파라미터의 변화를 감지하며, 또한 진단모델에서 출력되는 진단결과의 변화를 감지할 수 있다. 진단시스템(60)은, 전처리부(61), 진단모델부(63), 학습기(63), 변화 감지기(67), 및 변화 감지기(69)를 포함할 수 있다.
- [0098] 전처리부(61), 진단모델부(63), 학습기(65) 및 변화 감지기(67)는, 각각 도 5의 실시예에 따른 전처리부(51), 진단모델부(53), 학습기(55) 및 변화 감지기(57)와 유사하다.
- [0099] 이 예에서, 진단모델부(63)에서 출력되는 진단결과는 별도의 변화 감지기(69)에 의해 변화가 감지되어 알람 신

호가 출력될 수 있다. 변화 감지기(69)와 변화 감지기(67)의 구조는 유사할 수 있으며, 다만 변화 감지기(67)가 파라미터의 변화를 감지하는 것임에 비하여, 변화 감지기(69)는 진단결과 값의 변화를 감지하는 것이라는 것만 이 다를 수 있다.

[0100] 도 7은 진단 시스템의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도이다.

[0101] 도 7을 참조하면, 환자 단말(701), 진단 서버(703), 및 의료진 단말(705)이 상호작용하는 원격 진단 환경(700)이 예시된다. 실시예에 따른 진단 시스템은 진단 서버(703) 내에 포함될 수 있다.

[0102] 진단 서버(703)는, 수신부(710), 진단기(720), 송신부(730), 학습기(750), 변화 감지부(770)를 포함할 수 있다.

[0103] 수신부(710)는 환자 단말(701)로부터 시계열 데이터를 통신망을 통해 유선 또는 무선으로 수신하는 컴포넌트일 수 있다. 진단기(720)는 도 1의 진단 시스템의 진단모델부(11)와 유사하게 시계열 데이터를 확률 모델에 기반하여 분석하고 추정 또는 예측된 결과를 진단결과로서 출력하는 모델 기반 진단 프로세싱 컴포넌트일 수 있다. 학습기(750)는 진단기(720) 내의 파라미터를 실시간 변화시키기 위한 실시간 학습 컴포넌트일 수 있다. 변화 감지기(770)는 도 2 내지 도 4를 참조하여 기술된 것과 같이 실시간 학습에 의해 변화된 파라미터의 변화를 감지하고 알람 신호를 출력하는 컴포넌트일 수 있다. 송신부(730)는 진단 결과 또는 알람 신호를 의료진 단말로(702)로 통신망을 통해 유선 또는 무선으로 송신하기 위한 컴포넌트일 수 있다.

[0104] 도시된 원격 진단 환경(700)에서, 환자 단말(701), 진단서버(703) 및 의료진 단말(705)은 스마트폰, 랩탑, 데스크탑 등의 컴퓨팅 장치일 수 있다. 환자 단말(701)은 예컨대 환자 몸에 부착된 심전도 센서로부터 심전도 신호를 획득할 수 있다. 환자 단말(701)은 심전도 신호를 유선 또는 무선 인터넷과 같은 통신망을 통해 원격의 진단 서버(703)로 송신할 수 있다. 진단서버(703)는 환자 단말(701)로부터 심전도 신호를 수신하고, 예를 들어 환자의 심질환을 진단하도록 모델링된 HMM과 같은 진단모델에 기초하여 진단을 수행할 수 있다. 진단이 수행되는 동안 진단모델의 파라미터는 수신된 심전도 신호를 학습데이터로 이용하여 학습됨으로써 변화될 수 있다. 이러한 파라미터의 변화가 일정한 수준에 도달하면 파라미터 변화가 감지될 수 있고 알람 신호가 출력될 수 있다. 환자의 심전도 신호에 대한 연속적인 진단결과와 실시간 학습에 따른 파라미터의 변화 감지에 대한 알람 신호는 유선 또는 무선 인터넷과 같은 통신망을 통해 원격의 의료진 단말(705)로 송신될 수 있다.

[0105] 이하 도 8 내지 도 13을 참조하여, 진단 방법의 실시예들이 기술된다. 도 8 내지 도 13을 참조하여 기술된 진단 방법들은 단지 예시에 불과하다. 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는, 청구항들의 범위 내에서 다양한 조합의 다른 방법들이 가능하다는 것을 쉽게 이해할 것이다. 진단 방법의 전부 또는 일부는, 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해 수행되면 특정 태스크를 실행할 수 있도록 하는 컴퓨터-실행가능 인스트럭션, 모듈, 소프트웨어, 데이터, 알고리즘, 프로시저 등으로 코딩될 수 있다. 컴퓨터-실행가능 인스트럭션 등은 소프트웨어 개발자에 의해 예를 들어 베이직, 포트란, C, C++ 등과 같은 프로그래밍 언어에 의해 코딩된 후, 기계언어로 컴파일될 수 있다.

[0106] 도 8은 진단 방법의 일 실시예를 나타낸 흐름도이다.

[0107] 도 8을 참조하면 진단 방법(800)은 관찰 대상으로부터 특정 시점에 감지된 시계열 데이터가 입력됨으로써 시작된다(801). 데이터가 입력되면, 입력된 데이터에 대해 진단이 수행된다(803). 이 단계는 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 모델 기반 진단 단계이다. 진단이 처음 수행될 때, 파라미터의 초기 값은 사전에 미리 수집된 학습데이터를 이용하여 학습됨으로써 설정될 수 있다. 그런 다음 진단이 수행된 결과 즉 진단결과가 출력될 수 있다(805).

[0108] 한편, 입력된 데이터를 학습데이터로 이용함으로써 실시간 학습이 수행될 수 있고(823), 이에 따라 진단 수행 단계(803)에서 이용되는 파라미터의 값이 갱신될 수 있다(825). 갱신된 파라미터는 진단 수행 단계(803)에서 현재 입력된 데이터에 대한 진단 수행에 이용될 수도 있고, 다음에 입력될 데이터에 대한 진단 수행에 이용될 수 있다.

[0109] 그런 다음, 파라미터 값이 변화되는 정도가 미리 저장되어 있는 기준에 의해 일정한 수준 이상이라는 것을 감지함으로써 파라미터의 변화가 감지될 수 있다(827). 파라미터의 변화가 감지되는 경우, 알람 신호가 출력될 수 있다(829).

[0110] 데이터 입력이 종료되었는지가 판단되고(807), 종료가 아니라면, 다음 데이터 입력(801)을 대기한다. 다음 데이터가 입력되면 입력 데이터에 대해 다시 동일한 단계들(803 ~ 807 및 823 ~ 829)이 반복될 수 있다.

- [0111] 도 9는 도 8의 파라미터 변화 감지 단계의 일 실시예를 보여주는 흐름도이다.
- [0112] 도 9를 참조하면, 파라미터 변화 감지 단계(900)는, 파라미터 값의 변화를 감지하는 단계로서 구현되며, 실시간 학습에 의해 변화된 파라미터의 값을 수신하는 수신 단계(901)에 의해 시작된다.
- [0113] 현재 수신된 파라미터 값은, 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값과 비교되고, 현재 수신된 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 파라미터의 변화를 판단하는 변화 판단 단계(903)가 진행될 수 있다.
- [0114] 여기서, 참조파라미터의 값은, 진단모델의 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 값과 동일할 수 있다. 진단모델의 파라미터의 초기 값은, 예컨대 질병 진단을 위한 진단모델의 파라미터인 경우, 건강한 상태의 데이터를 학습데이터로 이용하여 학습됨으로써 설정될 수 있다.
- [0115] 변화 판단 단계(903)에서 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이가 일정한 크기 이상인 경우에, 파라미터 변화가 감지된 것으로 판단되고(903의 예), 알람이 출력될 수 있다(905). 반면에, 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이가 일정한 크기 미만인 경우에, 파라미터가 허용오차 범위 내에서 변화한 것으로 판단되어 파라미터 변화가 감지되지 않으며(903의 아니오), 다음 데이터가 입력되기를 대기하는 단계(907)로 넘어갈 수 있다.
- [0116] 도 10은 도 8의 파라미터 변화 감지 단계의 다른 실시예를 보여주는 흐름도이다.
- [0117] 도 10을 참조하면, 파라미터 변화 감지 단계(1000)는, 파라미터 확률 분포의 변화를 감지하는 것으로서 구현되며, 실시간 학습에 의해 변화된 파라미터의 값을 수신하는 수신 단계(1001)에 의해 시작된다.
- [0118] 그런 다음, 변화 판단 단계(1003)에서 현재 수신된 파라미터 값의 확률 분포가 계산되고, 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포와 비교된다. 다시 말해서, 현재 파라미터 값의 확률 분포의 성질을 나타내는 평균 또는 분산과 같은 분포 값이 계산되고, 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포의 평균 또는 분산과 같은 분포 값과 비교될 수 있다. 이에 따라, 현재 수신된 파라미터의 분포 값과 참조파라미터의 분포 값의 차이에 기초하여 파라미터 분포의 변화를 판단하는 변화 판단 단계(1003)가 진행될 수 있다.
- [0119] 여기서, 참조파라미터의 분포 값은, 진단모델의 파라미터가 상기 학습기에 의해 실시간 학습되기 전에 설정된 초기 분포 값과 동일할 수 있다.
- [0120] 변화 판단 단계(1003)에서 파라미터의 분포 값과 참조파라미터의 분포 값의 차이가 일정한 크기 이상인 경우에, 파라미터 분포 변화가 감지된 것으로 판단되고(1003의 예), 알람이 출력될 수 있다(1005). 반면에, 파라미터의 분포 값과 참조파라미터의 분포 값의 차이가 일정한 크기 미만인 경우에, 파라미터가 허용오차 범위 내에서 변화한 것으로 판단되어 파라미터 분포 변화가 감지되지 않으며(1003의 아니오), 다음 데이터가 입력되기를 대기하는 단계(1007)로 넘어갈 수 있다.
- [0121] 도 11은 도 8의 파라미터 변화 감지 단계의 또 다른 실시예를 보여주는 흐름도이다.
- [0122] 도 11을 참조하면, 파라미터 변화 감지 단계(1100)는, 파라미터 변화 및 파라미터 확률 분포의 변화 둘 모두를 감지하는 것으로서 구현되며, 실시간 학습에 의해 변화된 파라미터의 값을 수신하는 수신 단계(1101)에 의해 시작될 수 있다.
- [0123] 그런 다음, 변화 판단 단계(1103, 1107)에서 파라미터 분포 변화 감지 단계(1103) 및 파라미터 변화 감지 단계(1107)가 진행될 수 있다.
- [0124] 파라미터 분포 변화 감지 단계(1103)는, 현재 수신된 파라미터 값의 확률 분포가 계산되고, 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값의 확률 분포와 비교된다. 예컨대 현재 수신된 파라미터의 분포 값과 참조파라미터의 분포 값의 차이에 기초하여 파라미터 분포의 변화를 판단할 수 있다.
- [0125] 파라미터 분포 변화 감지 단계(1103)에서 파라미터의 분포 값과 참조파라미터의 분포 값의 차이가 일정한 크기 이상인 경우에, 파라미터 분포 변화가 감지된 것으로 판단되고(1103의 예), 알람이 출력될 수 있다(1105). 반면에, 파라미터의 분포 값과 참조파라미터의 분포 값의 차이가 일정한 크기 미만인 경우에, 파라미터가 허용오차 범위 내에서 변화한 것으로 판단되어 파라미터 분포 변화가 감지되지 않으며(1103의 아니오), 파라미터 변화 감지 단계(1107)가 진행될 수 있다.
- [0126] 파라미터 변화 감지 단계(1107)에서, 현재 수신된 파라미터 값은, 미리 저장되어 있는 참조파라미터의 값과 비교되고, 현재 수신된 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이에 기초하여 파라미터의 변화가 판단될 수 있다.

- [0127] 파라미터 변화 감지 단계(1107)에서 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이가 일정한 크기 이상인 경우에, 파라미터 변화가 감지된 것으로 판단되고(1107의 예), 알람이 출력될 수 있다(1105). 반면에, 파라미터의 값과 참조파라미터의 값의 차이가 일정한 크기 미만인 경우에, 파라미터가 허용오차 범위 내에서 변화한 것으로 판단되어 파라미터 변화가 감지되지 않으며(1107의 아니오), 다음 데이터가 입력되기를 대기하는 단계(1109)로 넘어갈 수 있다.
- [0128] 도 12은 진단 방법의 다른 실시예를 나타낸 흐름도이다.
- [0129] 도 12를 참조하면 진단 방법(1200)에서, 먼저 관찰 대상으로부터 특정 시점에 감지된 시계열 데이터가 감지된다(1201). 감지된 시계열 데이터는 통신망을 통해 원격의 진단장치로 전송될 수 있다(1203). 진단장치에서 데이터가 수신되면, 수신된 데이터에 대해 진단이 수행된다(1205). 이 단계는 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 모델 기반 진단 단계이다. 진단이 처음 수행될 때, 파라미터의 초기 값은 사전에 미리 수집된 학습데이터를 이용하여 학습됨으로써 설정될 수 있다. 그런 다음 진단이 수행된 결과 즉 진단결과가 출력될 수 있다(1207). 이 단계(1207)에서 출력된 진단결과는 상대적으로 단기적인 데이터 변화에 따른 진단결과일 수 있다.
- [0130] 한편, 수신된 데이터를 학습데이터로 이용함으로써 실시간 학습이 수행될 수 있고(1221), 이에 따라 진단 수행 단계(1205)에서 이용되는 파라미터의 값이 갱신될 수 있다(1223). 갱신된 파라미터는 진단 수행 단계(1205)에서 현재 수신된 데이터에 대한 진단 수행에 이용될 수도 있고, 다음에 수신될 데이터에 대한 진단 수행에 이용될 수 있다.
- [0131] 그런 다음, 파라미터 값이 변화되는 정도가 미리 저장되어 있는 기준에 의해 일정한 수준 이상이라는 것을 감지함으로써 파라미터의 변화가 감지될 수 있다(1225). 파라미터의 변화가 감지되는 경우, 알람 신호가 출력될 수 있고, 이 알람 신호는 상대적으로 장기적인 데이터 변화에 기초하는 진단결과일 수 있다(1227).
- [0132] 데이터 수신이 종료되었는지가 판단되고(1209), 종료가 아니라면, 다음 데이터 수신(1203)을 대기한다. 다음 데이터가 입력되면 입력 데이터에 대해 다시 동일한 단계들(1205 ~ 1207 및 1221 ~ 1227)이 반복될 수 있다.
- [0133] 도 13은 진단 방법의 또 다른 실시예를 나타낸 흐름도이다.
- [0134] 도 13을 참조하면 진단 방법(1300)에서, 먼저 관찰 대상으로부터 특정 시점에 감지된 시계열 데이터로서 심전도(ECG) 데이터가 수신된다(1301). 수신된 ECG 데이터는 웨이블릿 변환 또는 푸리에 변환과 같은 변환 처리 등의 전처리될 수 있다(1303). 전처리된 데이터에 대하여 예컨대 심혈관 질환을 진단하도록 모델링된 HMM과 같은 진단모델에 기초하여 진단이 수행된다(1305). 이 단계는 확률 모델 기반 분석을 위한 진단모델의 모델구조 및 파라미터에 기초하여 진단하는 모델 기반 진단 단계이다. 진단이 처음 수행될 때, 파라미터의 초기 값은 사전에 미리 수집된 학습데이터를 이용하여 학습됨으로써 설정될 수 있다. 그런 다음 진단이 수행된 결과 즉 진단결과가 출력될 수 있다(1307). 이 단계(1307)에서 출력된 진단결과는 진단모델에 의해 모델링된 상태의 추정 또는 예측 값을 포함할 수 있다.
- [0135] 그리고, ECG 데이터의 전처리된 데이터를 학습데이터로 이용함으로써 실시간 학습이 수행될 수 있고(1323), 이에 따라 진단 수행 단계(1305)에서 이용되는 파라미터의 값이 갱신될 수 있다(1323). 갱신된 파라미터는 진단 수행 단계(1305)에서 현재 데이터에 대한 진단 수행에 이용될 수도 있고, 다음 데이터에 대한 진단 수행에 이용될 수 있다.
- [0136] 그런 다음, 파라미터 값이 변화되는 정도가 미리 저장되어 있는 기준에 의해 일정한 수준 이상이라는 것을 감지함으로써 파라미터의 변화가 감지될 수 있다(1325). 파라미터의 변화가 감지되는 경우, 알람 신호가 출력될 수 있고, 이 알람 신호는 파라미터 변화에 대응하는 진단결과일 수 있다(1327).
- [0137] 한편, 진단모델에 의해 출력되는 진단결과의 변화가 감지될 수 있다(1345). 이러한 변화 감지는 예컨대 CUSUM 알고리즘 등을 이용하여 감지될 수 있다. 진단결과의 변화가 감지되면 진단결과가 오류임을 통지하는 알람이 출력될 수 있다(1347).
- [0138] 이후 데이터 수신이 종료되었는지가 판단되고(1309), 종료가 아니라면, 다음 데이터 수신(1301)을 대기한다. 다음 데이터가 수신되면 수신된 데이터에 대해 다시 동일한 단계들(1305 ~ 1307, 1345 ~ 1347 및 1321 ~ 1327)이 반복될 수 있다.
- [0139] 상술한 진단 시스템의 컴포넌트들은 특정 기능을 수행하도록 구성된 회로를 포함하는 하드웨어에 의해 구현될 수 있다. 다른 방식으로, 진단 시스템의 컴포넌트들은 프로세서, 메모리, 사용자 입력장치, 및/또는 프레젠테이션

선 장치 등을 포함할 수 있는 컴퓨팅 장치의 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 컴포넌트들의 조합에 의해 구현될 수 있다. 메모리는, 프로세서에 의해 실행되면 특정 태스크를 수행할 있도록 코딩되어 있는 컴퓨터 실행가능 소프트웨어, 애플리케이션, 프로그램 모듈, 루틴, 인스트럭션(instructions), 및/또는 데이터 등을 저장하는 컴퓨터 판독가능 스토리지 매체이다. 프로세서는 컴퓨터 판독가능 매체에 포함되어 있는 컴퓨터 실행가능 소프트웨어, 애플리케이션, 프로그램 모듈, 루틴, 인스트럭션, 및/또는 데이터 등을 판독하여 실행할 수 있다. 사용자 입력장치는 사용자로부터 하여금 프로세서에게 특정 태스크를 실행하도록 하는 명령을 입력하거나 특정 태스크의 실행에 필요한 데이터를 입력하도록 하는 수단일 수 있다. 사용자 입력장치는 물리적인 또는 가상적인 키보드나 키패드, 키버튼, 마우스, 조이스틱, 트랙볼, 터치-민감형 입력수단, 또는 마이크로폰 등을 포함할 수 있다. 프레젠테이션 장치는 디스플레이, 프린터, 스피커, 또는 진동장치 등을 포함할 수 있다.

[0140]

진단 방법의 단계, 과정, 프로세스들은 특정 기능을 수행하도록 구성된 회로를 포함하는 하드웨어에 의해 실행될 수 있다. 다른 방식으로, 진단 방법은, 컴퓨터 실행가능 인스트럭션으로서 코딩되어 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해 실행됨으로써 구현될 수 있다. 컴퓨터 실행가능 인스트럭션은 소프트웨어, 애플리케이션, 모듈, 프로시저, 플러그인, 프로그램, 인스트럭션, 및/또는 데이터 구조 등을 포함할 수 있다. 컴퓨터 실행가능 인스트럭션은 컴퓨터 판독가능 매체 상에 포함될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 판독가능 스토리지 매체 및 컴퓨터 판독가능 통신 매체를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 스토리지 매체는 RAM, ROM, 플래시 메모리, 광 디스크, 자기 디스크, 자기 테이프, 자기 카세트, 하드 디스크, 솔리드 스테이트 디스크 등을 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독가능 통신 매체는 진단 방법이 코딩되어 있는 컴퓨터 실행가능 인스트럭션이 통신망을 통해 송수신 가능한 신호의 형태로 코딩된 것을 의미할 수 있다.

[0141]

컴퓨팅 장치는 웨어러블 컴퓨팅 장치, 핸드-헬드 컴퓨팅 장치, 스마트폰, 태블릿, 랩탑, 데스크탑, 개인용 컴퓨터, 서버 등의 다양한 장치를 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 스탠드-얼론 타입의 장치일 수 있다. 컴퓨팅 장치는 통신망을 통하여 서로 협력하는 다수의 컴퓨팅 장치들을 포함할 수 있다.

부호의 설명

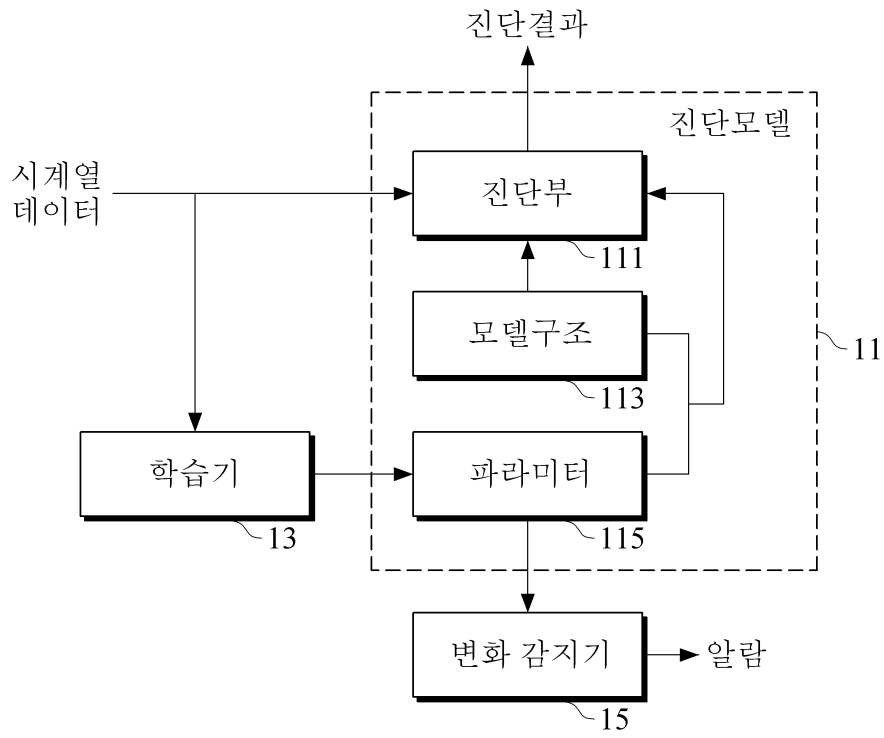
[0142]

- 10 : 진단 시스템
- 11 : 진단모델부
- 111 : 진단부
- 113 : 모델구조
- 115 : 파라미터
- 13 : 학습기
- 15, 20, 30, 40 : 변화 감지기
- 21, 31, 41 : 수신부
- 33, 43 : 분포 생성부
- 23, 35, 45, 47 : 변화 판단부
- 25, 37, 49 : 출력부

도면

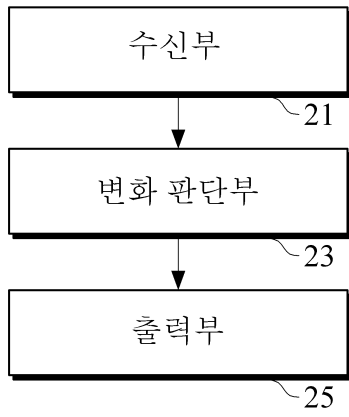
도면1

10



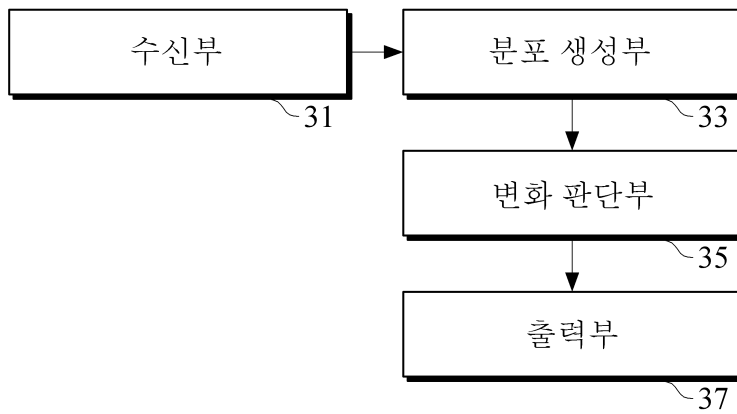
도면2

20



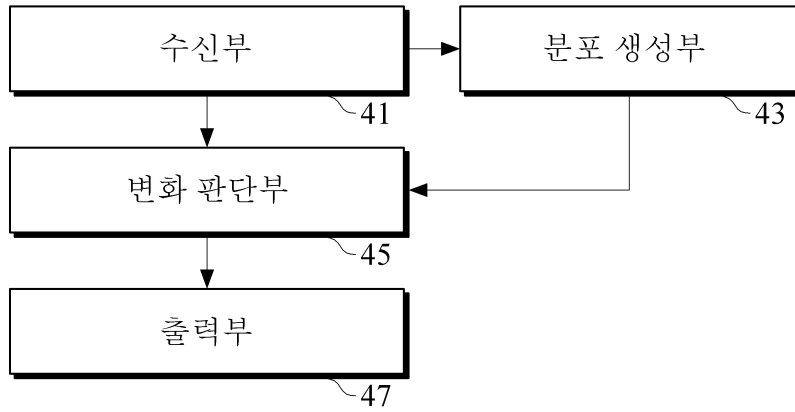
도면3

30



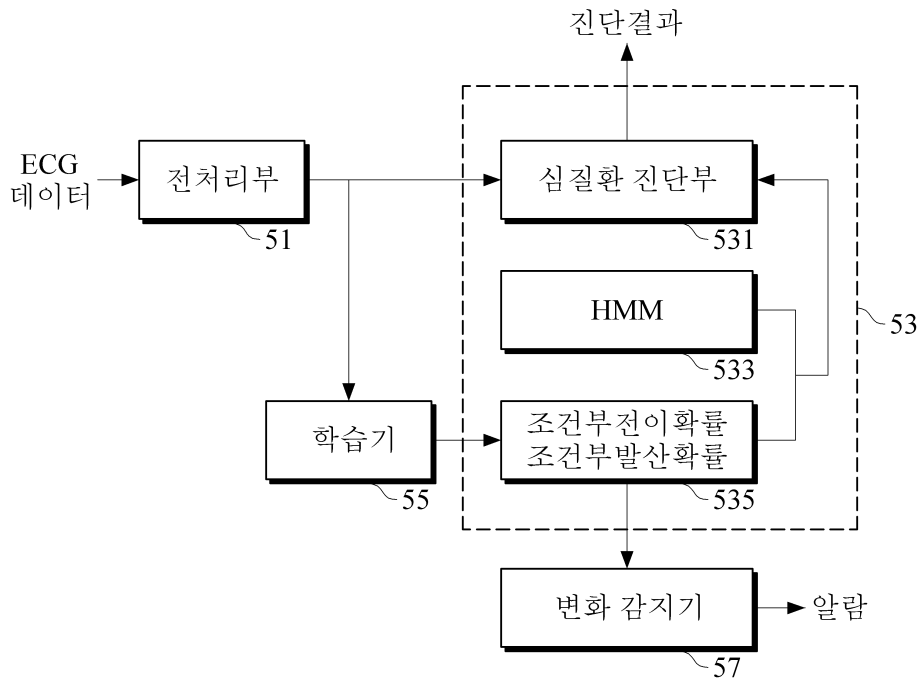
도면4

40

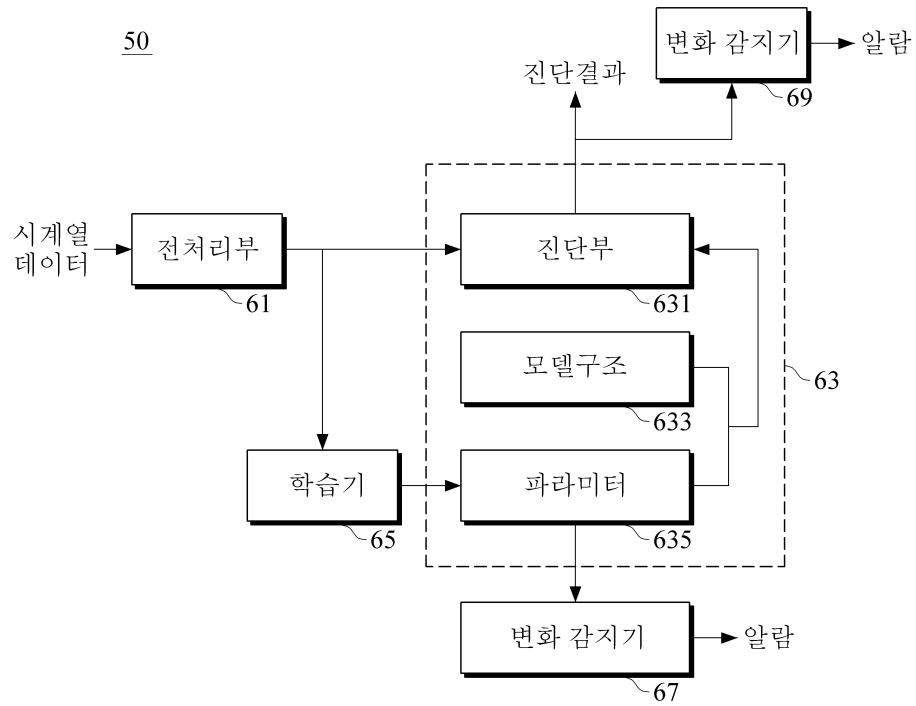


도면5

50

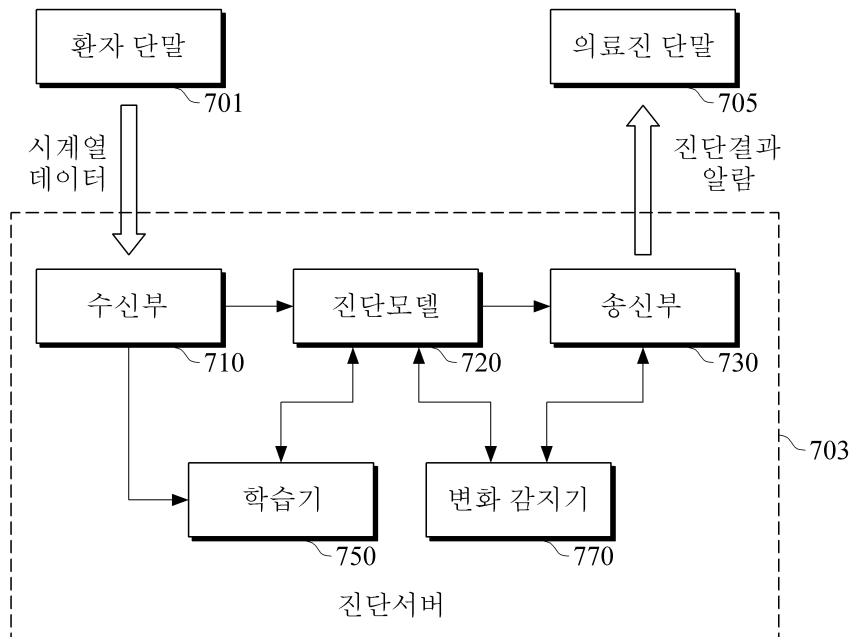


도면6



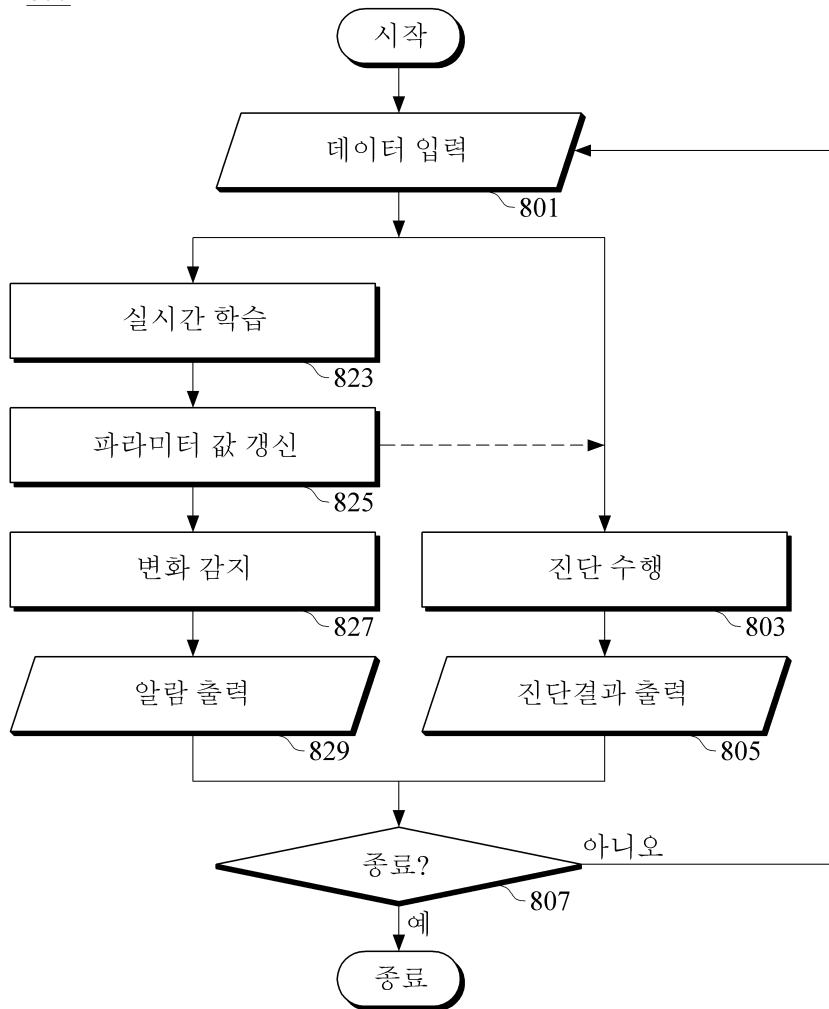
도면7

700



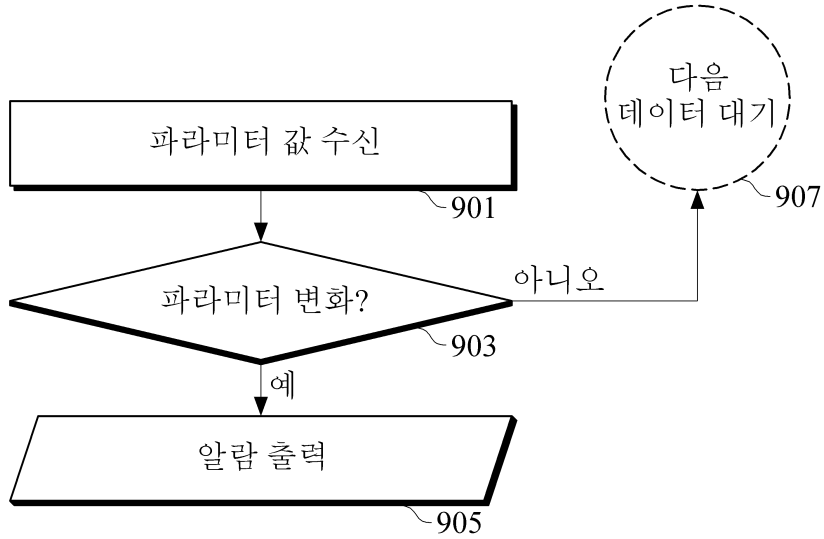
도면8

800



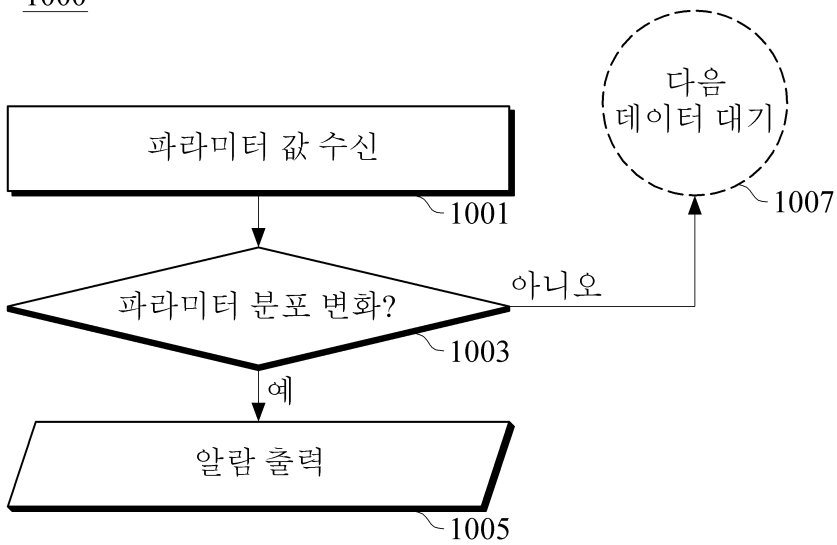
도면9

900



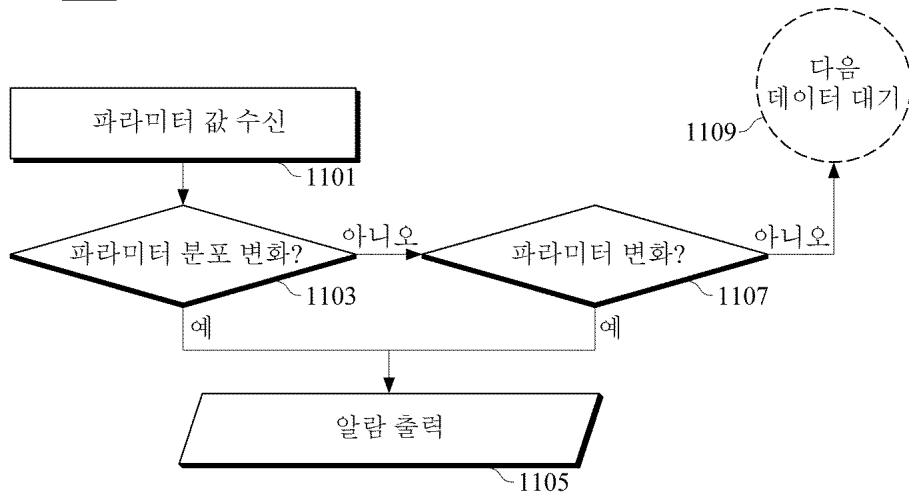
도면10

1000



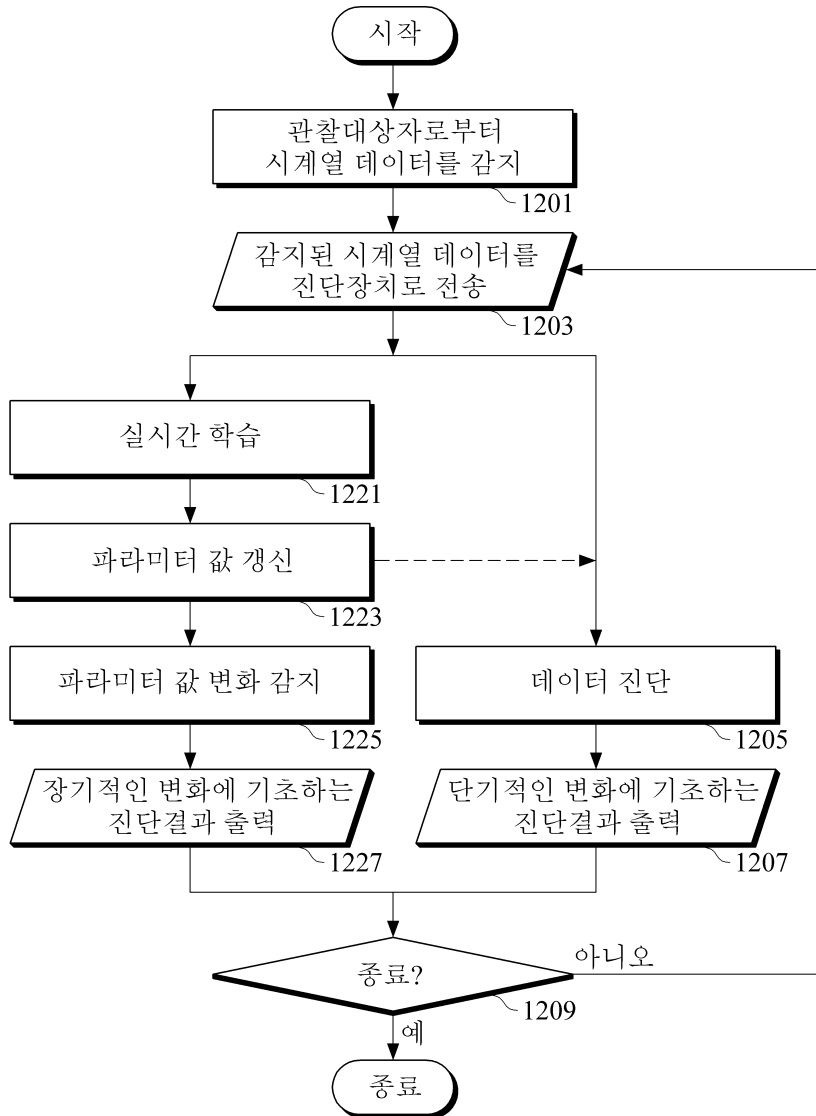
도면11

1100



도면12

1200



도면13

1300

