(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0143475
(43) 공개일자 2015년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*A61B 5/024* (2006.01) *A61B 5/00* (2006.01)
*A61B 5/042* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*A61B 5/02405* (2013.01)
*A61B 5/0006* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7028386
(22) 출원일자(국제) 2014년03월14일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년10월12일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/029645
(87) 국제공개번호 WO 2014/145010
국제공개일자 2014년09월18일
(30) 우선권주장
13/844,562 2013년03월15일 미국(US)

(71) 출원인
**더 리젠츠 오브 더 유니버시티 오브 캘리포니아**
미합중국 캘리포니아 94607-5200 오클랜드 프랭클린 스트리트 1111, 5층
**토페라, 아이엔씨.**
미국 캘리포니아 94025 멘로 파크 스위트 에이 오브라이언 드라이브 1530
(72) 발명자
**나라얀, 산지브**
미국, 캘리포니아 92037, 라호야, 5918 저메인 레인
**브리그스, 캐리, 로버트**
미국, 캘리포니아 92037, 라호야, 3335 카미니토 배스토
**세라, 루치르**
미국, 아리조나 85259, 스코츠데일, 142번 스트리트, 11834 엔
(74) 대리인
**허용록**

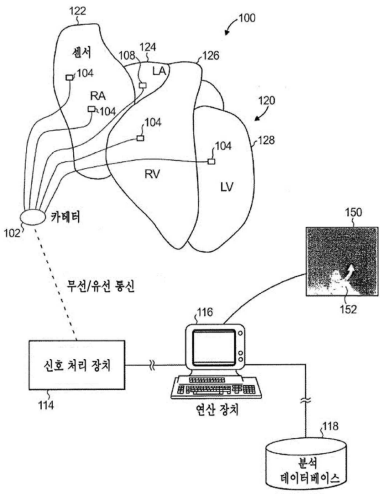
전체 청구항 수 : 총 44 항

(54) 발명의 명칭 **생체 리듬 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 시스템 및 방법**

## (57) 요 약

심박 이상과 연관된 근원의 동인을 식별하기 위한 시스템 및 방법이 개시된다. 심장 내의 생체 활성도를 나타내는 복수의 센서로부터의 데이터에 접속한다. 반복되는 활성화를 가지는 그리고 적어도 미리 결정된 수의 박동 동안 심장의 제2 원위 영역을 제어하는 심장의 국부적인 제1 영역이 식별된다. 제1 국부적 영역이 심박 이상의 근원의 동인으로서 지정되고, 그러한 근원은 제1 국부적 영역 및 제2 원위 영역을 포함한다.

*대 표 도* - 도1



(52) CPC특허분류
*A61B 5/0422* (2013.01)

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

인간 심장의 심박 이상의 근원을 제어하는 것과 연관된, 인간 심장 지역을 식별하는 방법으로서:

시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 적어도 하나의 일련의 활성화를 결정하기 위해서, 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하는 단계;

적어도 하나의 일련의 활성화의 순환 방향을 결정하는 단계; 및

적어도 하나의 일련의 활성화가 시간 간격에 걸쳐 순환 방향으로 계속 순환할 때, 심장 지역을, 근원을 제어하는 것과 연관되는 것으로 식별하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 센서가 심장 지역의 정점을 규정하는, 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 지역이 상기 정점에 의해서 규정되는 복수의 심장 지역을 포함하고, 상기 복수의 지역이 심박 이상의 근원을 제어하는 것과 연관되는, 방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 심장의 하나 이상의 지역이 회전자를 형성하는, 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 순환 방향이 시계 방향 및 반시계 방향 중 하나인, 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 근원을 제어하는 것으로서 심장 지역과 연관된 지표를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키는 단계가 상기 지표를 복수의 심장 지표 표상 위에 겹치게 하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 지표를 상기 복수의 심장 신호의 표상 위에 중첩되는 것으로서 표시하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 10**

제8항에 있어서,

상기 복수의 심장 신호의 표상이 단상 활동 전위 표상인, 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 일련의 활성화의 순환 방향을 결정하는 단계가:

시간 간격에 걸쳐서 센서와 관련하여 적어도 하나의 시퀀스의 순환의 원호를 결정하는 단계; 및

상기 순환의 원호의 순환 방향을 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 심장 지역을 근원을 제어하는 것과 연관되는 것으로 식별하는 단계가, 순환의 원호의 순환 방향이 문턱값을 초과하여 상기 순환 방향으로 계속되는 지를 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

순환의 원호의 순환 방향을 결정하는 단계가:

복수의 심장 신호로부터 제1 심장 신호 및 제2 심장 신호를 선택하는 단계;

시간 간격 동안 복수의 시점에서 상기 제1 심장 신호 및 제2 심장 신호 사이의 순환 활성도의 지수를 결정하는 단계; 및

순환의 원호의 순환 방향을 규정하기 위해서, 상기 순환 활성도의 지수들을 조합하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 순환 활성도의 지수를 결정하는 단계가:

시간 간격의 시점에서 상기 제1 심장 신호 및 제2 심장 신호 사이의 위상 차이를 계산하는 단계;

상기 위상 차이가 제1 위상 문턱값 이하인지의 여부, 또는 상기 위상 차이가 제2 위상 문턱값 초과인지의 여부를 결정하는 단계;

상기 위상 차이가 상기 제1 위상 문턱값 이하일 때 상기 위상 값만큼 상기 위상 차이를 증가시키는 단계; 및

상기 위상 차이가 제2 위상 문턱값 초과일 때, 위상 값만큼 위상 차이를 감소시키는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

상기 순환 활성도의 지수를 조합하는 단계가, 시간 간격의 복수의 시점에서, 증가 또는 감소될 때, 계산된 위상 차이들을 합계하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

복수의 시간 간격에 걸쳐서 처리하는 단계, 결정하는 단계 및 식별하는 단계를 실행하는 단계; 및

적어도 하나의 일련의 활성화가 복수의 시간 간격에 걸쳐서 순환 방향으로 계속 순환될 때, 식별된 지역의 지속을, 근원을 제어하는 것으로서 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 근원을 제어하는 것으로서의 상기 식별된 지역의 지속과 연관된 지표를 생성하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키는 단계가, 상기 지표를 복수의 시간 간격과 연관된 복수의 심장 신호의 표상 위에 겹치게 하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 지표를 상기 복수의 심장 신호의 표상 위에 중첩되는 것으로 디스플레이하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 21**

제19항에 있어서,

상기 복수의 심장 신호의 표상이 단상 활동 전위 표상인, 방법.

**청구항 22**

인간 심장의 심박 이상의 근원을 제어하는 것과 연관된, 인간 심장 지역을 식별하는 시스템으로서:

처리 장치; 및

상기 처리 장치에 의해서 실행될 때, 상기 처리 장치로 하여금 이하의 동작을 실행하게 하는, 복수의 명령어를 저장하는 메모리 장치를 포함하고,

상기 동작은:

시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 적어도 하나의 일련의 활성화를 결정하기 위해서, 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하는 것;

적어도 하나의 일련의 활성화의 순환 방향을 결정하는 것; 및

적어도 하나의 일련의 활성화가 시간 간격에 걸쳐 순환 방향으로 계속 순환될 때, 심장 지역을, 근원을 제어하는 것과 연관되는 것으로 식별하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 센서가 심장 지역의 정점들을 규정하는, 시스템.

**청구항 24**

제23항에 있어서,

상기 지역이 상기 정점에 의해서 규정되는 복수의 심장 지역을 포함하고, 상기 복수의 지역이 심박 이상의 근원의 제어와 연관되는, 시스템.

**청구항 25**

제24항에 있어서,

상기 심장의 하나 이상의 지역이 회전자를 형성하는, 시스템.

**청구항 26**

제22항에 있어서,

상기 순환 방향이 시계 방향 및 반시계 방향 중 하나인, 시스템.

**청구항 27**

제22항에 있어서,

상기 동작이, 상기 근원을 제어하는 것으로서 심장 지역과 연관된 지표를 생성하는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 28**

제27항에 있어서,

상기 동작이, 상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 29**

제28항에 있어서,

상기 동작이, 상기 지표를 상기 복수의 심장 신호의 표상 위의 중첩시키는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 30**

제25항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 동작이, 상기 지표를 상기 복수의 심장 신호의 표상 위의 중첩으로서 표시하는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 31**

제26항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 심장 신호의 표상이 단상 활동 전위 표상인, 시스템.

**청구항 32**

제22항에 있어서,

상기 적어도 하나의 일련의 활성화의 순환 방향을 결정하기 위한 동작이:

시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 적어도 하나의 시퀀스의 순환의 원호를 결정하는 것; 및

상기 순환의 원호의 순환 방향을 결정하는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 33**

제32항에 있어서,

상기 심장 지역을 근원을 제어하는 것과 연관되는 것으로 식별하기 위한 동작이, 순환의 원호의 순환 방향이 문턱값을 초과하여 상기 순환 방향으로 계속되는 지를 결정하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 34**

제32항에 있어서,

순환의 원호의 순환 방향을 결정하기 위한 동작이:

복수의 심장 신호로부터 제1 심장 신호 및 제2 심장 신호를 선택하는 것;

시간 간격 동안 복수의 시점에서 상기 제1 심장 신호 및 제2 심장 신호 사이의 순환 활성도의 지수를 결정하는 것; 및

순환의 원호의 순환 방향을 규정하기 위해서, 상기 순환 활성도의 지수들을 조합하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 35**

제34항에 있어서,

상기 순환 활성도의 지수를 결정하기 위한 동작이:

시간 간격의 시점에서 상기 제1 심장 신호 및 제2 심장 신호 사이의 위상 차이를 계산하는 것; 및

상기 위상 차이가 제1 위상 문턱값 이하인지의 여부, 또는 상기 위상 차이가 제2 위상 문턱값 초과인지의 여부를 결정하는 것;

상기 위상 차이가 상기 제1 위상 문턱값 이하일 때 상기 위상 값만큼 상기 위상 차이를 증가시키는 것; 및

상기 위상 차이가 제2 위상 문턱값 초과일 때, 위상 값만큼 위상 차이를 감소시키는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 36**

제35항에 있어서,

상기 순환 활성도의 지수를 조합하기 위한 동작이, 시간 간격의 복수의 시점에서, 증가 또는 감소할 때, 계산된 위상 차이들을 합계하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 37**

제22항에 있어서,

상기 동작이:

복수의 시간 간격에 걸쳐 처리하는 것, 결정하는 것 및 식별하는 것을 실시하는 것; 및

적어도 하나의 일련의 활성화가 복수의 시간 간격에 걸쳐 순환 방향으로 계속 순환될 때, 식별된 지역의 지속을, 근원을 제어하는 것으로서 결정하는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 38**

제37항에 있어서,

상기 동작이, 상기 근원을 제어하는 것으로서의 상기 식별된 지역의 지속과 연관된 지표를 생성하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 39**

제38항에 있어서,

상기 동작이, 상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 40**

제39항에 있어서,

상기 지표를 상기 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열된 센서들에 상응시키기 위한 동작이, 상기 지표를 복수의 시간 간격과 연관된 복수의 심장 신호의 표상 위에 겹치게 하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 41**

제40항에 있어서,

상기 동작이, 상기 지표를 상기 복수의 심장 신호의 표상 위의 중첩으로서 표시하는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 42**

제40항에 있어서,

상기 복수의 심장 신호의 표상이 단상 활동 전위 표상인, 시스템.

**청구항 43**

인간 심장의 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 방법으로서:

시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 일련의 순환의 원호의 시퀀스를 결정하기 위해서, 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하는 단계;

상기 시퀀스 내의 상기 순환의 원호의 순환 방향을 결정하는 단계; 및

상기 시퀀스 내의 순환의 원호의 순환 방향이 문턱값을 초과하여 동일한 순환 방향으로 계속될 때, 상기 심장 지역을 근원의 동인으로서 식별하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 44**

인간 심장의 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 시스템으로서:

처리 장치; 및

상기 처리 장치에 의해서 실행될 때, 상기 처리 장치로 하여금 이하의 동작을 실행하게 하는, 복수의 명령어를 저장하는 메모리 장치를 포함하고,

상기 동작은:

시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 일련의 순환의 원호의 시퀀스를 결정하기 위해서, 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하는 것;

상기 시퀀스 내의 상기 순환의 원호의 순환 방향을 결정하는 것; 및

상기 시퀀스 내의 순환의 원호의 순환 방향이 문턱값을 초과하여 동일한 순환 방향으로 계속될 때, 상기 심장 지역을 근원의 동인으로서 식별하는 것을 포함하는, 시스템.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본원은 일반적으로 생체 리듬 이상에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본원은, 심박 이상과 같은 생체 리듬 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 심박(심장 박동) 이상은 세계적으로 일반적이며 질병 및 사망의 중요한 원인이다. 심장 내의 전기 시스템의 오작동은 심박 이상의 직접적 원인이 된다. 심박 이상은 많은 형태가 존재하는데, 그들 중 가장 복잡하고 치료가 어려운 것은 심방 세동(AF), 심실 빈맥(VT) 및 심실 세동(VF)이다. 치료가 보다 단순하지만 임상적으로 중요할 수도 있는 다른 리듬 이상에는, 심방 빈맥(AT), 상심실성 빈맥(SVT), 심방 조동(AFL), 심실 이소성 수축/박동(supraventricular ectopic complexes/beats)(SVE) 및 조기 심실 수축/박동(PVC)이 포함된다. 정상적인 조건하에 있는 동안, 동방 결절(sinus node)이 심장을 동성 리듬(sinus rhythm)으로 유지하지만, 특정 조건하에서 정상 동방 결절의 급격한 활성화가 부적절한 동성 빈맥((sinus tachycardia) 또는 동방 결정 회귀(sinus node reentry)를 유발할 수 있고, 이들 양자 모두는 또한 심박 이상을 나타낸다.

[0003] 이전에는, 심박 이상, 특히 AF, VF 및 다형성(polymorphic) VT의 복합 리듬 이상의 치료는 매우 어려웠는데, 이

는 심박 이상의 근원이 있는 심장 내의 위치를 식별할 수 없었기 때문이다. 어떻게 복합 리듬 이상이 작용하는지에 관한 다양한 이론과 이러한 복합 리듬 이상을 치료하기 위한 임상적 적용이 존재한다. 그러나, 어떠한 적용도 복합 리듬 이상의 치료에 효과가 있는 것으로 입증되지 않았다.

[0004] 최근에, 최초로 복합 심박 이상과 연관된 근원을 식별한 획기적인 발견이 있었다. 이러한 획기적인 기술 발전은, 세계적으로 심박 이상의 큰 비율을 유발하는 순환성 활성화 패턴(rotational activation pattern)(순환성 근원) 또는 원심성 패턴(centrifugal patterns)(국소 근원)을 식별하기 위해서 환자의 심장 내로 도입되는 카테터의 전극으로부터 얻어지는 신호 내의 심장 활성화 정보(개시 시간(onset time))를 성공적으로 재구성하였다. 그에 따라, 심박 이상의 치료는, 심박 이상을 제거하기 위해서, 환자의 심장에서의 이러한 순환성 또는 국소 근원을 표적으로 할 수 있다. 그러한 치료는 예를 들어 절제(ablation)에 의해서 성공적으로 이루어질 수 있다.

[0005] 복합 심박 이상의 순환성 또는 국소 근원이 전술한 바와 같이 식별될 수 있는 반면, 근원의 내부 메커니즘, 즉, 순환성 근원의 핵심부(core)(가장 가능성이 높은 순환의 중심), 또는 국소 근원의 기원은 잘 규정되지 않는다. 일부 경우에, 순환성 근원이, 자각하는 순환 중심 주위로 순환하는 것으로 일반적으로 나타나지만, 환자의 심장의 섹션 주위로 확산적으로 퍼지는 경향을 가지는 하나 이상의 확산 섹션(활성 파두(wave front))을 가질 수 있다. 확산 활성화 파두가 복합 리듬 이상의 근원과 연관되지만, 그들은 순환성 근원의 하나 이상의 다른 활성화 파두보다 심박 이상을 유발하는데 덜 기여할 수 있다. 유사하게, 원심성으로 발산하는 복합 리듬 이상의 국소 근원의 핵심부가 잘 규정되지 않고 있다.

[0006] 그에 따라, 심박 이상의 근원이 아닌 중요하지 않은 '수동적(passive)' 순환에 대비하여 순환성 근원의 핵심부를 어떻게 식별하는지에 대해서, 또는 그 근원이 아니라, 복합 리듬 이상에 대해서 이차적일 수 있는 간헐적인 국소 활성화에 대비하여 진정한 국소 근원의 기원을 어떻게 식별하는지에 대해서는, 아직까지 규정되지 않고 있다.

[0007] 심박 이상과 연관된 국소 근원의 기원 또는 순환성 근원의 핵심부를 규정하기 위한 공지된 시스템 또는 방법이 존재하지 않는다.

## *발명의 내용*

### *과제의 해결 수단*

[0008] 실시예 또는 양태에 따르면, 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 식별하는 방법이 개시된다. 심장 내의 생체 활성도를 나타내는 복수의 센서로부터의 데이터에 접속한다. 반복되는 활성화를 가지며 적어도 미리 결정된 수의 박동 동안 심장의 제2 원위(distant) 영역을 제어하는 심장의 국부적인 제1 영역이 식별된다. 제1 국부적 영역이 심박 이상의 근원의 동인으로서 지정되고, 그러한 근원은 제1 국부적 영역 및 제2 원위 영역을 포함한다.

[0009] 다른 실시예 또는 양태에 따르면, 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 식별하는 시스템이 개시된다. 그러한 시스템은 프로세서 및 명령어를 저장하는 저장 매체를 포함하고, 그러한 명령어는, 프로세서에 의해서 실행될 때, 프로세서가 특정 동작을 실행하게 한다. 그러한 동작은, 심장 내의 생체 활성도를 나타내는 복수의 센서로부터의 데이터에 접속하는 것을 포함한다. 동작은 또한, 반복되는 활성화를 가지며 적어도 미리 결정된 수의 박동 동안 심장의 제2 원위 영역을 제어하는 심장의 국부적인 제1 영역을 식별하는 것을 포함한다. 동작은, 제1 국부적 영역을 심박 이상의 근원의 동인으로서 지정하는 것을 더 포함하고, 그러한 근원은 제1 국부적 영역 및 제2 원위 영역을 포함한다.

[0010] 또 다른 실시예 또는 양태에 따르면, 심박 이상의 근원을 제어하는 것과 연관된 인간 심장 지역을 식별하는 방법이 개시된다. 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하여, 시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 적어도 하나의 일련의 활성화를 결정한다. 적어도 하나의 일련의 활성화의 순환 방향이 결정된다. 심장 지역은, 적어도 하나의 일련의 활성화가 시간 간격에 걸쳐 순환 방향으로 계속 순환할 때, 근원을 제어하는 것과 연관되는 것으로 식별된다.

[0011] 추가적인 실시예 또는 양태에 따르면, 심박 이상의 근원을 제어하는 것과 연관된 인간 심장 지역을 식별하는 시스템이 개시된다. 그러한 시스템은 처리 장치 및 명령어를 저장하는 메모리 장치를 포함하고, 그러한 명령어는, 처리 장치에 의해서 실행될 때, 처리 장치가 특정 동작을 실행하게 한다. 그러한 동작은, 시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 적어도 하나의 일련의 활성화를 결정하기 위해서, 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하는 것을 포함한다. 또한, 동작은, 적어도 하나의 일련의 활성화의 순환

방향을 결정하는 것을 포함한다. 동작은 또한, 적어도 하나의 일련의 활성화가 시간 간격에 걸쳐 순환 방향으로 계속 순환할 때, 근원을 제어하는 것과 연관되는 것으로 심장 지역을 식별하는 것을 포함한다.

[0012] 또 다른 실시예 또는 양태에 따르면, 인간 심장의 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 방법이 개시된다. 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하여, 시간 간격에 걸쳐 센서와 관련한 일련의 순환의 원호(arc)를 결정한다. 일련의 순환의 원호의 순환 방향이 결정된다. 일련의 순환의 원호의 순환 방향이 문턱값에 접근하여 동일한 순환 방향으로 계속될 때, 심장 지역이 근원의 동인으로서 식별된다.

[0013] 또 다른 추가적인 실시예 또는 양태에 따르면, 인간 심장의 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 시스템이 개시된다. 그러한 시스템은 처리 장치 및 명령어를 저장하는 메모리 장치를 포함하고, 그러한 명령어는, 처리 장치에 의해서 실행될 때, 처리 장치로 하여금 특정 동작을 실행하게 한다. 그러한 동작은, 시간 간격에 걸쳐 센서와 관련하여 일련의 순환의 원호를 결정하기 위해서, 심장 지역과 관련하여 공간적으로 배열되는 센서와 연관된 복수의 심장 신호를 처리하는 것을 포함한다. 그러한 동작은 또한, 일련의 순환의 원호의 순환 방향을 결정하는 것을 포함한다. 그러한 동작은, 일련의 순환의 원호의 순환 방향이 문턱값을 초과하여 동일한 순환 방향으로 계속될 때, 심장 지역이 근원의 동인으로서 식별된다.

[0014] 본원의 이러한 그리고 다른 목적, 목표 및 장점이 첨부 도면과 관련한 이하의 구체적인 설명으로부터 명확해질 것이다.

## *도면의 간단한 설명*

[0015] 일부 실시예 또는 양태가 예로서 도시되어 있고 첨부 도면의 그림으로 제한되지 않는다.

도 1은 심박 이상에 대한 국부적 근원으로부터의 활성화 방출을 나타내는 순환성 패턴 또는 원심성 패턴을 식별하기 위한 시스템을 도시한다.

도 2는 도 1에 도시된 심장과 관련하여 배치된 센서에 의해서 감지된 전기 신호와 관련된 예시적인 위상-시간 곡선을 도시한다.

도 3은 도 1에 도시된 심장과 관련하여 배치된 센서에 의해서 감지된 전기 신호와 관련된 다른 예시적인 위상-시간 곡선을 도시한다.

도 4는 도 1에 도시된 감지 소자가 센서의 위치와 연관된 그리드(grid)를 도시한다.

도 5는 제1 세트의 위상 값을 가지는 도 4에 도시된 센서 소자를 보여주는 제1 예시적 단위(unit) 원을 도시한다.

도 6은 제2 세트의 상이한 위상 값을 가지는 도 4에 도시된 센서 소자를 보여주는 제2 예시적 단위 원을 도시한다.

도 7은 시간 간격에 걸쳐 도 4에 도시된 그리드의 지역과 연관된 국부적 동인과 연관된 순환성 활성도 또는 원심성 활성화의 지수를 합계(계수)하기 위한 예시적인 방법을 보여주는 흐름도를 도시한다.

도 8은 도 7에 도시된 그리드의 지역 내에서 동인 활성도의 지수를 합계하기 위한 예시적인 방법을 보여주는 흐름도를 도시한다.

도 9는, 심박 이상의 근원과 연관된 순환성 동인(도시됨) 또는 국소 동인의 지속을 나타내고, 활성화 전파 맵 상으로 중첩된 열 맵(heat map)을 도시한다.

도 10은 일반적인 컴퓨터 시스템의 예시적인 실시예의 블록선도를 도시한다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0016] 심박 이상과 연관된 근원의 동인을 규정하기 위한 시스템 및 방법이 본원에서 개시된다. 이하의 설명에서, 설명을 목적으로, 예시적인 실시예 또는 양태에 관한 전반적인 이해를 제공하기 위해 많은 구체적인 상세 내용이 기술된다. 그러나, 당업자는, 개시된 모든 구체적인 상세 내용이 없이도, 예시적인 실시예가 실시될 수 있다는 것이 명백할 것이다.

[0017] 본 개시 내용은 심박 이상과 연관된 다양한 근원의 동인을 규정하기 위해서 적용될 수 있다. 동인은, 운동('사

행(meander)' 또는 '세차(precession)'), 또는 기원으로부터의 지속적으로 반복되는 활성화를 보여줄 수 있는 중심 주위의 지속적인 순환성 활성화에 의해서 표시될 수 있다. 개시 내용은 또한, 이상의 요인 또는 근원의 결정, 진단 및/또는 치료가 가능하게 하기 위해서 생체 활성화 정보가 재구축될 수 있는, 신경 경련, 식도 경련, 방광 불안정성, 과민성 대장 증후군, 및 다른 생체 이상과 같은, 다른 생체 리듬 이상에도 적용될 수 있다. 그러나, 이는, 임시로 치료할 수 있도록 복합 리듬 이상의 근원(들)와 연관된 동인(들)을 찾기 위해서, 복합 활성화 패턴을 초래하는 복합 리듬 이상에서 특히 유용하고, 심방 세동, 심실 세동 및 기타와 같은 심장의 복합 리듬 이상에서 특히 유용하다.

[0018] 심방 세동, 다형성 심방 빈맥, 심실 세동, 다형성 심실 빈맥 및 기타를 포함하지만 이에 한정되지 않는 복합 리듬 이상은, 판독이 극히 어려운 활성화 패턴을 전형적으로 초래한다.

[0019] 신규 개념은, 정의상 심박 이상 동안, 심지어 복합 심박 이상 중에, 심장의 국부적 영역으로부터의 활성화가 주변 조직을 당연히 활성화시킨다는 것이다. 이러한 제어는 국부 영역으로부터 주변 조직으로의 원심성 활성화를 통해서, 또는 국부 영역으로부터 주변 조직으로의 순환성(회전자) 활성화에 의해서 진행될 수 있다. 복합 리듬 이상에 대한 국부적 영역(동인)은 일반적으로 구역을 점유한다. 이러한 개시 내용은, 국부적 영역 내의 동인이, 심장의 원격 영역에 영향을 미치거나 제어할 수 있는 순환성 또는 원심성 활성화 순서를 나타낼 수 있다는 것을 최초로 설명한다.

[0020] 그에 따라서, 복합 심박 이상의 국부 영역을 식별 또는 규정하기 위해서, 순환성 또는 원심성 동인을 식별하는 것이 필수적일 뿐만 아니라, 동인이 심장의 원위 영역 내의 활성화를 제어하는 것을 보장할 필요가 있다. 그에 따라, 이러한 기준은, 심박 이상과 연관된 근원의 동인이 아닌, 현재 기술 수준에서 밝혀지지 않은 많은 불요적인(spurious) 또는 중요하지 않은 '스핀' 또는 '국소 방전(focal discharge)'을 제거하는데 도움이 될 수 있고, 과거에 국부적 치료가 성공적이지 않았던 치료를 개선하는데 있어서 도움이 될 수 있다.

[0021] 복합 이상에서의 심장 박동에 관한 정확한 활성화 정보를 결정할 수 있는 능력은 이전에 매우 어려운 것이었고, 그에 따라 이러한 이상의 근원(들)을 목표로 하는 표적 치료가 불가능하였다. 본 개시 내용의 장점들 중에는, 심지어 사실상 식별할 수 없게 감지되는 활성화 패턴 중에서, 순환성 전기 패턴을 인지할 수 있고, 그에 따라 이상의 근원의 결정이 정해지고 치료될 수 있는 능력이 있다.

[0022] 복합 리듬 이상이 활성화가 순환성 전기 활성도를 가지는 나선형 파동의 형태를 취할 수 있는 국부적 근원, 활성화가 원심성으로 방출되는 국소 근원, 또는 조합에 의해서 직접적으로 유발된다. 복수의 동시적인 동인의 복잡성이 무질서적인 활성화 패턴(근원)을 유발할 수 있고, 이는 이러한 리듬을 맵핑하기 위한 이전의 시도를 무산시켰다. 이러한 방식에서, 충돌하는 또는 이차적인 파두로부터의 수동적인 활성화가 이상의 근원의 검출을 일시적으로 불명료하게 할 수 있을 것이나, 그 내부의 동인을 종식시키지 않을 수 있다. 근전도 용어에서, 이는, 동조(entrainment)가 중단될 때, 동인 주위의 활성화 순서를 일시적으로 변경하는 '동조'(예를 들어, Wolff-Parkinson-White 신드롬 또는 심방 조동(atrial flutter))를 동인의 재검출과 보조를 맞추는 것과 유사하다. 본 개시 내용은, 이러한 것이 또한 복합 리듬 이상과 연관된 근원의 동인의 검출에서도 마찬가지라는 것을 보여준다.

[0023] 따라서, 나선형 파동(회전자, 회귀 회로)으로부터의 순환성 전기 활성도가, 순환의 각도 또는 지속시간에 있어서, 중요하지 않을 것으로 보일 수 있거나, 일정하지 않은 순환 패턴을 가질 수 있다. 활성화가 모든 복합 리듬 내의 고유의 기원으로부터 방출되는 것으로 보이는 간헐적인 순환 또는 단일 사이클의 일시적인 활성화로부터 근원을 어떻게 분리할 것인지가 이전에는 명확하지 않았다. 이러한 과제는 더 어려운데, 이는 복합 리듬의 근원이 지점이 아니고, 동인이 이동하는("사행" 또는 "세차"라고 명명됨) - 중력 함정(gravity well)에서 순환하는 물체의 이동과 유사함 - 제한된 공간적 지역을 점유하기 때문이다.

[0024] 본 개시 내용은, 복합 리듬 이상과 연관된 국부적 근원 내에서 지속적인 순환성 동인 또는 국소 동인을 규정 또는 식별하기 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 순환성 동인은, 활성화 순서가 연속적인 각도를 추적하는 것, 또는 시간 흐름에 따른 연속적인 각도 섹터를 보여주는 것, 또는 위상 맵핑, 벡터 분석 및 기타 방법을 이용하는 것에 의해서 규정되거나 식별될 수 있다. 국소 동인이 벡터, 가간섭(coherence), 상호관계, 위상 및 기원으로부터 원심성 활성화를 식별하기 위한 다른 분석 방법에 의해서 식별될 수 있다. 부가적으로, 본 개시 내용의 시스템 및 방법은, 식별된 위상 특이성(singularity)의 강도, 항상성(consistency), 및 지속시간을 나타내기 위한 정성적 및/또는 정량적 지표를 제공한다.

[0025] 다른 장점은, 본 개시 내용이, 감지 장치, 예를 들어 센서를 가지는 카테터가 환자의 내부에서 또는 환자 근처

에서 사용되고 있는 동안 신속하게 실행될 수 있고 이상을 완화하는 심장 조직의 치료가 후속하여 많은 환자의 이상을 치료할 수 있는, 시스템 및 방법을 제공한다는 것이다. 그에 따라, 근원의 동인의 순환성 전기 패턴 정보의 연산 즉시 치료가 이루어질 수 있는데, 이는 그러한 연산이 이상의 요인 또는 근원의 위치(들)를 나타내기 때문이다.

[0026] 도 1은 심박 이상의 근원과 연관된 동인(심장 지역)을 식별하기 위한 예시적인 시스템(100)을 도시한다. 예시적인 시스템(100)은, 심박 이상의 근원을 결정하는 것과 연관된 환자의 심장(120)의 감지된 심장 전기 활성도와 연관된, 지속적인 순환성 또는 원심성 패턴의 형태로, 동인을 식별하도록 구성된다. 심장(120)은 우심방(122), 좌심방(124), 우심실(126) 및 좌심실(128)을 포함한다.

[0027] 예시적인 시스템(100)은 카테터(102), 신호 처리 장치(114), 연산 장치(116) 및 분석 데이터베이스(118)를 포함한다. 카테터(102)는 심장 내의 심장의 전기적 정보를 검출하고 검출된 심장의 전기적 정보를 무선 또는 유선 연결을 통해서 신호 처리 장치(114)로 전송하도록 구성된다. 카테터는, 환자의 혈관을 통해서 심장 내로 삽입될 수 있는 탐침/센서(104)의 어레이를 포함한다. 센서(104)가 단극성 및/또는 양극성 신호를 제공할 수 있다.

[0028] 일부 실시예 또는 양태에서, 하나 이상의 센서(104)가 환자의 심장(120) 내로 삽입되지 않는다. 예를 들어, 일부 센서가 환자의 표면을 통해서(예를 들어, 심전도) 또는 환자와 접촉하지 않고 원격적으로(자기 심전도(magnetocardiogram) 또는 역해(inverse solution)를 통해서 전기적 정보를 식별하는 방법) 심장의 전기적 정보를 검출한다. 다른 예로서, 일부 센서가 또한, 비-전기적 감지 장치로 심장 운동으로부터 심장의 전기적 정보를 유도할 수 있다(예를 들어, 심초음파 검사). 여러 가지 실시예 또는 양태에서, 이러한 센서가 별개로 또는 상이한 조합으로 이용될 수 있고, 또한 이러한 별개의 것 또는 상이한 조합이 환자의 심장(120) 내로 삽입된 센서와 조합되어 또한 이용될 수 있다.

[0029] 센서(104)가 심장(120) 내의 조직에 인접하는 또는 접촉하는 또는 심장(120) 근처의 각각의 센서 위치에 배치된다. 센서(104)는 센서 위치에서 심장의 전기적 활성도를 검출할 수 있고 신호 처리 장치(114)로 출력되는 상응하는 감지 신호를 생성할 수 있다. 센서(104)는, 특히 센서 위치가 심장 조직에 인접하거나 접촉할 때, 센서 위치에서 심장(120)을 절제하기 위한 에너지를 전달하도록 추가적으로 구성될 수 있다.

[0030] 신호 처리 장치(114)는, 센서(104)로부터 생성된 감지 신호를 처리(예를 들어, 명료화 또는 증폭)하도록 그리고 상응하는 심장 신호를 출력하도록 구성된다. 연산 장치(116)는 심장 신호를 수신하고(수신 또는 접속으로 지칭됨), 본원에서 개시된 방법에 따라서 그 신호를 처리하여 순환성 전기 활성도(시계 방향 또는 반시 계방향) 또는 원심성 활성도(국소 동인을 나타냄)를 심장 신호로부터 식별한다. 부가적으로, 연산 장치(116)가, 지속적인 동인 활성도의 지수(indice)를 식별한다.

[0031] 연산 장치(116)는, 심장 신호의 복수의 단상 활동 전위(monophasic action potential)(MAP) 전압 표상으로부터의 데이터를 조합하고 공간적으로 배치하는 활성화 전파 맵(activation propagation map)(APM) 비디오(150)를 표시한다. APM 비디오(150)는, 시간 간격 동안 일련의 시간 증가와 연관된 일련의 APM 프레임를 포함한다. 화살표(152)는 표시된 정보의 순환성 이동을 나타낸다. MAP 표상 내의 각각의 요소가 센서의 어레이의 각각의 센서(104)와 연관된다. MAP 표상은 전압(또는 전하) 대 시간 및 기타 지수를 포함한다. 순환성 동인의 경우에, 검출이 또한 순환 각도, 입체각, 각속도, 및 순환의 외주에서의 접선 속도에 관한 정보 및 위상 정보를 이용할 수 있다. 국소 근원의 경우에, 정보가 또한 원심성 지수(예를 들어, 속도 및 가속도), 및 구심적인 지수(예를 들어, 속도 및 가속도)를 포함할 수 있다. 구심적인 지수가, 전형적으로, 수동적인 지역(근원이 아님)을 나타내지만, 센서로부터 멀리 이동하는 근원을 나타낼 수 있다. 모든 근원에 대해서, 정량화는, 도플러 편이와 같은 동적인 이동의 흔적(stigmata), 핵심부 내의 해체(disorganization), 및 엔트로피의 측정을 포함하는데, 이는 동인이 근원 영역 내에서 지속적으로 그리고 동적으로 이동할 수 있기 때문이다. 정보가 또한, 센서의 어레이 중의 센서(104)에 의해서 감지되는 전기 활성도와 연관된 활성화 개시 시간 정보를 포함할 수 있다. MAP 표상이 시간 축 및 전압 축 상의 곡선뿐만 아니라, 극도표(polar plot) 및 3-차원적인 도표를 포함하는 몇몇 다른 표상으로서 맵핑될 수 있다.

[0032] 본원에서 이용된 바와 같이, 활성화 개시 시간은, 활성화 중의 다른 시점과 대조되는, 세포 또는 조직 내에서 활성화가 시작되는 시점이다. 활성화는, 세포가 대기(이완기) 상태(quiescent (diastolic) state)로부터 활성적(전기적) 상태로의 그 동작을 시작하게 하는 과정이다.

[0033] 연산 장치(116)는 신호 표상 및 APM 비디오(150)를 수신, 접속, 또는 생성한다. APM 비디오(150) 및 단상 활동 전위(MAP) 형태의 신호 표상의 생성의 예가, 본원에서 전체가 참조로서 포함되는, 미국 특허 제8,165,666호에서

설명되어 있다. 특히, '666 특허의 도 11은 MAP의 APM 비디오(150)를 도시한다. 다른 신호 값은 잡음이 없는 단극 전기도(unipolar electrogram) 및 처리된 단극 전기도를 포함한다. 유사하게, 다른 시스템 및 방법이, 활성화 시간, 위상 정보 및 개시를 포함하도록 심장 또는 생체 활성화 정보를 재구축할 수 있다.

[0034] APM 비디오(150)는, 활성화 정보, 전기 활성도, 순환성 활성도 및/또는 순환성 활성도와 연관된 핵심부, 국소 활성도 및/또는 원심성 활성화가 방출되는 기원의 동적인 비디오 표상을 생성하기 위해서, 시간이 지남에 따라 심장의 또는 생체의 전기적 정보를 재구축하거나 과정을 표시할 수 있는 시스템 및 방법에 의해서 생성될 수 있다.

[0035] 하나의 실시예 또는 양태에서, 순환성 활성화가 위상 특이성에 의해서 위상 맵핑으로부터 표시되고, 여기에서 동적 활성화 정보가 순환성 운동을 나타낼 수 있다. 이러한 경우에, APM 비디오(150)가 또한, 프레임별로 실시되는 계산에 의해서 결정될 수 있는, 백색 점과 같은, 위상 특이성의 지표를 표시할 수 있다. 각각의 프레임은, 프레임의 시간에서 이루어진 측정을 기초로 하는 정보를 표시한다. 이러한 실시예에서, 각각의 순환성 동인에서의 신뢰도가 시간이 지남에 따라 위상 특이성의 지속에 의해서 표시된다. 단지 짧은 시간 동안에 검출된 특이성이 단지 몇 개의 프레임에서 표시될 수 있고, 그에 따라 가시적인 표시를 볼 수 없고, 거의 볼 수 없고/거나 신속하게 사라진다. 지속성이 있는 경우에, 프레임 별로(frame-by-frame) 순환 운동을 관찰자가 볼 수 있고 검출할 수 있다.

[0036] 도 2는, 위상 맵핑을 통한 순환성 동인 검출의 하나의 바람직한 실시예에 대한, 심박 이상 중에 얻어진 MAP 신호의 전압-시간 데이터(활성화-시간 데이터)로부터 생성된 위상-시간 곡선(200)을 도시한다. 위상-시간 데이터 및 위상 시간 곡선(200)이, MAP에 의해서 표시된 전압-시간 데이터를 잡음이 감소된 위상-시간 데이터로 변환 및 데이터를 추가적으로 처리하는 것을 포함하는, MAP 신호 처리에 의해서 생성된다. 곡선(200)을 생성하기 위해서 이용된 전압-시간 대 위상-시간 데이터 변환이, MAP 신호(개산될수 있음)를 따른 표본추출된 데이터의 정규화된 전압에 $2\pi$를 곱하는 것에 의해서 실시될 수 있다. 위상-시간 데이터가 시간 및 위상에 각각 상응하는 x-y 축 상에 도표화된다. 당업자는 전압-시간 대 위상-시간 데이터 변환을 이해한다. 본 예에서 이용된 표상(representation)은 톱니파 개산(sawtooth approximation)이다.

[0037] 그러한 개산은 변환 전에 또는 변환 후에 MAP 신호에 대해서 실시될 수 있다. 도 2에 도시된 위상-시간 데이터는 MAP 신호(도 3에 도시된 바와 같이, 실제로 4개의 구분된 위상을 가지나, 삼각형에 근접함)를 직선으로 개산한다. 검출된 활성화 개시와 검출된 재분극(repolarization)의 시작 사이에서 연장하는 MAP 신호의 부분이 직선으로 개산된다. 유사하게 재분극의 시작으로부터 다음 활성화 개시 시간까지 연장하는 MAP 신호의 부분이 직선으로 개산된다. 어느 하나의 개산 또는 양 개산 모두가 이용될 수 있다.

[0038] 도 3은, 전술한 바와 같이, MAP 신호와 연관된 전압-시간 데이터(활성화-시간 데이터)로부터 또한 변환되고 이어서 위상-시간 데이터로 변환되는 위상-시간 곡선(300)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 개산은 위상-시간 곡선(300)에 의해서 표시된 위상-시간 데이터를 생성하기 위해서 이용되지 않는다.

[0039] 연산 장치(116)는 위상-시간 데이터, 위상-시간 곡선(200, 300) 및/또는 APM(150)을 생성, 접속, 또는 수신한다. APM(150)은, 심장(120)으로서 성형된 모델과 같은, 2-차원적인 또는 3-차원적인 디스플레이일 수 있는 디스플레이 상에 MAP을 공간적으로 정렬시킨다. 이러한 공간적인 배열은 심장(120)과 관련된 물리적 센서 위치(104)에 대한 것이다. 유사하게, 활성화 개시 정보(활성화-시간 데이터)를 가지는 심장의 전기적 활성도의 표상을 제공하기 위해서 심장의 또는 생체의 전기적 정보를 재구축할 수 있는 다른 시스템 및 방법을 이용하여 APM 비디오(150)를 생성할 수 있다.

[0040] 도 4는, 시간 간격 내의 순차적인, 균일하게 이격된 시간 증가(예를 들어, 밀리초(msec)마다 또는 10 msec마다)에 상응하는 일련의 프레임(예를 들어, APM 비디오(150))의 예시적인 2-차원적 APM 프레임(400)을 제공한다. 시간 간격이 2개의-10 초(two-ten seconds), 또는 다른 간격을 가질 수 있다. 각각의 APM 프레임(400)이 시간 간격의 시간(t)에서 복수의 MAP 신호를 샘플링하는 것에 의해서 생성될 수 있다.

[0041] APM 프레임(400)은, 1 내지 8로 표지된 전극 기준(electrode reference)(404)을 가지는 그리드(402) 및 A 내지 H로 표지된 스플라인(spline) 기준(405)을 포함한다. 전극 기준(404) 및 스플라인 기준(405)이, 센서의 어레이(예를 들어, 64개의 센서)의 각각의 센서(104)에 상응하는, 센서 소자로도 지칭되는, 64개의 교차 요소를 갖는다. 4개의 예시적인 센서 소자(406, 408, 410, 412)가 그리드(402)(1~8, A~H) 상의 각각의 교차부(intersection)에 상응하고, 추가적으로 센서 어레이의 각각의 센서(104)에 상응한다. 구체적으로, 센서 소자(406, 408, 410, 412)는, (6,G), (6,H), (5,H), 및 (5,G)로 각각 표지할 수 있는 교차 요소에서 그리드(402)

상에 위치한다.

[0042] 그리드(402)가 복수의 지역으로 단편화되고, 각각의 지역은 적어도 3개의 센서 소자에 의해서 규정되거나 경계 지어진다. 지역은 다각형(예를 들어, 삼각형, 직사각형, 또는 정사각형)으로서 구성되고, 일부 경우에 전체 그리드(402)를 차지할 수 있다. 각각의 지역을 규정하는 센서 소자가 지역의 정점에 배치된다. 예시적인 지역(414)이 (6,G), (6,H), (5,H), 및 (5,G)로 표지될 수 있는 교차 요소에서 정점을 가지는 정사각형이다. 지역(414)은, 정사각형의 4개의 정점(G-H, 6-5)에 배치되는 센서 소자(406, 408, 410, 412)에 의해서 규정된다. 도시된 예에서, 전체 그리드(402)가 인접하는, 비-중첩 정사각형 지역들에 의해서 차지되고, 각각의 정사각형 지역이 4개의 센서 소자에 의해서 경계 지어지거나 규정된다. 지역(414)은, 센서 소자(406, 408, 410, 412)에 상응하는 센서(104)에 의해서 규정되거나 경계 지어지는 심장(120)의 지역에 상응한다. 다른 실시예에서, 지역들이 중첩될 수 있다. 유사하게, 예시적인 제2 지역이, 각각의 센서(104)에 상응하는 센서 소자(416, 418, 420, 422)에 의해서 규정된다.

[0043] APM 프레임(400)의 센서 소자에 MAP 신호의 전압(또는 전하)에 상응하는 그레이-스케일 레벨(gray-scale level)이 할당된다. 센서 소자(406, 408, 410, 412) 사이에 위치한 요소에 대한 그레이-스케일 레벨이 내삽(interpolation)(예를 들어, 대표적인 MAP 신호를 기초로 함)을 이용하여 결정될 수 있다. 전체가 본원에서 참조로서 포함되는 '666 특허 및 미국 특허출원 제13/081,411호가 일련의 APM 프레임을 생성하기 위한 시스템 및 방법을 설명한다.

[0044] 일련의 APM 프레임(400)이, 예를 들어 비디오 스트림(APM 비디오(150))으로서 시퀀스로 표시될 수 있다. 관찰자는 시간이 지남에 따라 도시되는 표현되는 전압(또는 전하)의 변화를 관찰할 수 있다. 이러한 접근 방식은 순환성 동인 또는 국소 동인을 표시할 수 있다. 이러한 예에서, 전압의 변화가 시간이 지남에 따라 순환성 패턴을 가지고, 이는 센서(104)에 의해서 감지된 위상 특이성을 나타낸다. 특히, 표시된 순환성 패턴이, 심박 이상과 연관된 위상 특이성을 나타내지 않을 수 있다. 심박 이상의 동인을 나타낼 가능성이 적은 순환성 패턴은 일관성이 없고, 일시적이고, 및/또는 지속적이지 않으며; 그러한 패턴이 순환 방향을 변화시킬 수 있고 및/또는 비실질적(insubstantial) 순환 각도를 가질 수 있다. 사실상, 순환 패턴의 일부가 관찰자에게 보일 수 있는 충분한 수의 프레임에 대해서 표시되지 않을 수 있는 반면, 다른 순환 패턴은 보일 수 있으나, 이어서 사라질 수 있다. 이러한 모든 것에도 불구하고, APM 프레임(400)의 APM 비디오(150)는, 시간에 걸친 동적 변화 및 그리드(402) 상의 순환 패턴을 포함하는, 유용한 정보를 외과의사에게 제공할 수 있다.

[0045] 일 실시예 또는 양태에서, 본 개시 내용은, 시간 간격 내의 시간 증가 모두에 대해서, 그리드(402) 상의 각각의 지역과 연관된 순환성 활성도를 합계하는 시스템 및 방법을 제공한다. 전체적인 합계는 해당 지역에 위치한 위상 특이성을 나타낸다. 그러나, 동일한 지역에서 반대 방향들을 따라서 발생하는 순환성 활성도 및 비실질적인 순환 각도를 가지는 순환성 활성도(예를 들어, 이하에서 설명되는 개시된 방법에 따른 기준을 만족시킴)가 합계로부터 배제된다. 그러한 합계는 그리드(402)의 각각의 지역과 연관된 순환 계수기에 의해서 기록된다. 순환 계수기는, 연관된 지역 내에서 실질적인 순환 각도를 가지는 순환성 활성도가 있을 때마다 수정되고, 예를 들어 증가한다. 시간 간격이 종료될 때, 그리드(402)의 각각의 지역과 연관된 순환 계수기의 크기는, 그리드(402)의 각각의 지역에서의 위상 특이성의 존재 및 지속 정도를 나타낸다.

[0046] 이제 도 5 및 도 6을 참조하여, 시간(t)에서의 순환성 활성도가 순환성 계수기의 증가를 보장하는 실질적인 순환 각도를 가지는 지의 여부를 결정하기 위한 방법이 설명된다. 각각의 시간(t)에 대해서, 위상 합계가 그리드(402) 상의 각각의 지역에 대해서 계산된다. 시퀀스의 제1 센서 소자에서 시작되고 종료되는 센서 소자(406, 408, 410, 412)의 시퀀스 사이에서 가장 짧은 경로를 결정하는 것, 가장 짧은 경로를 이용하여 시퀀스 내의 센서 소자들 사이의 위상 차이를 계산하는 것, 그리고 위상 차이들을 합계하는 것에 의해서, 위상 합계가 계산된다. 계산된 위상 합계가 0, $2\pi$ 또는 $-2\pi$일 수 있다. 위상 합계 = 0은 순환성 계수기의 증가를 위해서 충분하지 않은 순환성 활성도를 나타내고 순(net) 순환이 존재하지 않는다는 것을 나타낸다. 위상 합계 = $2\pi$또는 $-2\pi$는, 갱신되어야 하는, 예를 들어 각각 증가 또는 감소되어야 하는 순환 계수기를 나타내고, 순환의 시계 방향 또는 반시계 방향(예를 들어, 선택된 관행(convention)에 의존함)을 나타내는 양의 또는 음의 기호로, 순환 발생을 나타낸다. 선택된 관행이, 반시계 방향 경로와 연관된 양의 값, 및 시계 방향 경로와 연관된 음의 값일 수 있다. 선택된 관행이 또한 반대가 될 수 있고, 즉, 음의 값이 반시계 방향 경로와 연관되고, 양의 값이 시계 방향 경로와 연관된다.

[0047] 도 5는, 도 4에서 센서 소자(406, 408, 410, 및 412)에 의해서 규정되는 지역(414)에 대한 시간(t)에서의 위상 합계 계산을 위한 예시적인 방법을 도시한다. 반경 = 1인 단위 원(502)이 제공된다. 센서 소자(406, 408, 410,

및 412)는, 개별적인 센서 소자(406, 408, 410, 및 412)의 각각과 연관된 위상에 따라서 단위 원(502)의 외주 상에 배치된다. 각각의 센서 소자(406, 408, 410, 및 412)와 연관된 위상이, 상응하는 위상-시간 곡선, 예를 들어 위상-시간 곡선(200 또는 300)을 따라서 시간(t)에서의 위상으로부터 결정된다.

[0048] 임의의 센서 소자가 제1 센서 소자가 되도록 선택될 수 있다. 이어서, 센서 소자가 선택된 시퀀스로 처리된다. 그러한 시퀀스는, 그리드(402) 상의 센서 소자의 배열에 따라서 센서 소자들 사이의 지역(414) 주위로 반시계 방향 또는 시계 방향으로 진행하는 것, 제1의 선택된 센서 소자로 시작하는 것, 그리고 제1 센서 소자로 종료하는 것에 의해서, 센서 소자(406, 408, 410, 및 412)의 위치를 기초로 할 수 있다. 이러한 예에서, 센서 소자가 406, 408, 410, 412와 같은 순서를 갖는다. 센서 소자(406)가 제1 센서 소자가 되도록 선택된다.

[0049] 가장 짧은 경로가 제1 센서 소자(406)와 제2 센서 소자(408) 사이에서 결정된다. 반시계 방향의 경로(504)가 시계 방향의 대안적인 경로보다 더 짧다. 그에 따라, 경로(504)가 센서 소자들(406 및 408) 사이의 가장 짧은 경로인 것으로 결정된다.

[0050] 가장 짧은 경로 (504)에 대한 센서 소자들(406 및 408) 사이의 위상 차이(512)가 결정된다. 위상 차이(512)가 양의 값으로 할당되는데, 이는 센서 소자(406)로부터 센서 소자(408)까지의 가장 짧은 경로가 선택된 합의를 기초로 하는 반시계 방향이기 때문이다.

[0051] 가장 짧은 경로 및 위상 차이가, 센서 소자의 쌍(408 및 410, 410 및 412, 그리고 412 및 제1 센서 소자(406))의 각각에 대해서 유사하게 결정된다. 각각의 가장 짧은 경로가 506, 508, 및 510이고, 이들 모두는 반시계 방향이다. 그에 따라, 각각의 위상 차이(514, 516 및 518)가 모두 양(positive)이다. 4개의 위상 차이(512-518)를 합계하여 위상 합계를 결정한다. 단위 원의 전체 외주가 가장 짧은 경로(504-510)를 따라서 반시계 방향으로 횡단되기 때문에, 모든 위상 차이가 양이다. 위상 합계 = $2\pi$이고, 이는 순환성 동인의 가능한 존재를 나타낸다.

[0052] 도 5의 예는, 제1 센서 소자(406)로 다시 복귀되는 것을 포함하여, 단위 원(502) 상에 배치된 센서 소자들(406, 408, 410, 412) 사이의 가장 짧은 경로를 따르는 것에 의해서 단위 원(502) 주위의 완전한 원이 완성될 때, 순환성 동인의 표시가 존재한다는 것을 도시한다. 센서들(104) 사이의 순환이 일 방향일 때, 위상 차이가 항상 양이거나 항상 음이고, 서로 상쇄되지 않는다. 이는 위상 합계 = $2\pi$를 초래하고, 이는 상응하는 센서(104)에서 측정된 순환 활성도가 심박 이상의 순환성 동인과 일치한다는 것을 나타낸다.

[0053] 도 6은 그리드(402)의 다른 지역에 대한 시간(t)에서의 위상을 계산하기 위한 다른 예를 도시한다. 반경 = 1의 단위 원(602)이, 단위 원(602)의 외주 상에 배치된 센서 소자(416, 418, 420, 및 422)를 구비한다.

[0054] 가장 짧은 경로(604)가 제1 센서 소자(416)와 제2 센서 소자(418) 사이에서 결정된다. 시계 방향의 경로가 반시계 방향의 대안적인 경로보다 더 짧다. 그에 따라, 가장 짧은 경로가 가장 짧은 경로(604)인 것으로 결정된다.

[0055] 가장 짧은 경로(604)에 대한 센서 소자들(416 및 418) 사이의 위상 차이(612)가 결정된다. 위상 차이(612)가 음의 값으로 할당되는데, 이는 센서 소자(416)로부터 센서 소자(418)까지의 가장 짧은 경로(604)가 선택된 합의를 기초로 하는 시계 방향의 단위 원(602)의 외주를 횡단하기 때문이다.

[0056] 가장 짧은 경로 및 위상 차이가, 센서 소자의 쌍(418 및 420, 420 및 422, 그리고 422 및 제1 센서 소자(416))의 각각에 대해서 유사하게 결정된다. 각각의 가장 짧은 경로가 606, 608, 및 610이다. 가장 짧은 경로(606)가 시계 방향으로 지향된다. 그에 따라, 위상 차이(614)가 음의 값을 갖는다. 가장 짧은 경로(608 및 610)가 반시계 방향이다. 그에 따라, 위상 차이(616 및 618)가 양의 값을 갖는다. 위상 차이(612 및 614)가 위상 차이(616 및 618)를 상쇄시키는데, 이는 그들이 합계될 때 크기가 동일하나 방향이 반대이기 때문이다. 그에 따라, 위상 차이(612-618)의 합계가 영(0)이 되고, 이는 이러한 영역에서 위상 특이성이 존재하지 않는다는 것을 나타낸다.

[0057] 도 6의 예는, 제1 센서 소자(416)로 다시 복귀되는 것을 포함하여, 센서 소자들(416, 418, 420, 422) 사이의 가장 짧은 경로를 따르는 것에 의해서 단위 원(602) 주위로 완전한 원이 완성될 수 없을 때, 순환 표시가 없다는 것을 도시한다. 센서들(104) 사이의 순환이 상이한 방향들(시계 방향 및 반시계 방향)일 때, 일부 위상 차이가 양이고 일부가 음이며, 서로 상쇄된다. 이는 위상 합계 = 0을 초래하고, 이는 상응하는 센서(104)에서 측정된 순환성 전기 활성도가 순환성 동인을 나타내기에는 충분치 않다는 것을 나타낸다.

[0058] 도 7 및 도 8은, 심박 이상의 근원의 존재를 나타낼 수 있을 정도로 충분히 상당하고 지속적인 순환성 활성화를 검출하기 위해서 시간 간격(TI) 동안 활성화-시간 데이터를 처리하기 위한 예시적인 방법을 설명하는 예시적인

흐름도(700)를 제공한다.

[0059] 중요한 것은, 흐름도가 국소 동인(예를 들어, 원심성 활성화로부터 검출됨)뿐만 아니라 순환성 활성화(예를 들어, 순환 각도 또는 특이성을 통해서 검출됨)의 지수들도 합계하기 위한 방법 및 시스템을 개략적으로 설명한다는 것이다. 이러한 것이 중요한데, 이는 그러한 양자 모두가 공존하기 때문이고, 그리고 근원과 연관된 동인이 국소적이든지 또는 순환성이든지 간에, 근원으로부터의 원심성 활성화의 원리가 적용될 수 있을 것이기 때문이다. 그에 따라, 본 명세서에 포함된 모든 분석은, 순환성 활성화의 지수, 원심성 활성화(근원이 이동하는 경우에 구심적일 수 있음), 또는 시간에 걸친 조합의, 분석(합계)을 포함한다.

[0060] 그러한 방법은, 심박 이상과 연관된 근원의 동인의 지속에 대한 시각적인 정량적 디스플레이를 생성하는 것을 포함한다. 열 맵은, 지속의 정도 및/또는 지속적인 순환과 연관된 그리드(402) 내의 위치를 나타낸다. 열 맵은 그리드(402)의 지역을 디스플레이하고, 해당 지역과 연관된 순환성 계수기의 크기를 나타내는 시각적인 표시(예를 들어, 색채, 음영(shade), 또는 세기(intensity))를 각각의 지역으로 할당한다. 지역과 연관된 순환성 계수기가 1만큼 증가 또는 감소할 때, 해당 지역과 연관된 시각적인 표시가 하나의 단위만큼 각각 증가 또는 감소하여, 순환성 계수기의 변화를 보여준다.

[0061] 예를 들어, 시각적 표시의 단위가, 예를 들어, 적색이 높은 단부에 있고 보라색이 낮은 단부에 있는, 무지개 스펙트럼을 따른 스펙트럼 단위, 회색 단위의 음영; 또는 세기 단위일 수 있다. 이러한 단위가 치수가 없을 수 있고, 기준선 균일(비-순환성) 전파 필드(baseline uniform (non-rotational) propagation field)에 대한 비율을 나타낼 수 있거나, 다른 치수를 가질 수 있다. 이는 구체적인 심박 이상 및 고려되는 신호 근원에 따라서 달라질 것이나, 각도(라디안) 또는 지속적인 순환, 많은 수의 사이클에 걸친 지속 비율(%), 상호관련 값(무차원), 및 다른 차원을 포함할 수 있다.

[0062] 열 맵이 단일 맵 또는 일련의 맵을 포함하는 비디오를 포함할 수 있다. 열 맵이 독립적으로 표시되거나, 상응하는 생체 구조물, 예를 들어 심장(120)의 APM 프레임 또는 구조적 맵과 같은, 다른 맵 위에 겹쳐져(예를 들어, 중첩되어) 디스플레이될 수 있다. 열 맵이, APM 비디오(150) 위에 겹쳐지는 것과 같이, APM 프레임 위에 겹쳐질 때, 그들이 동기화되어 동일한 시간 증가와 관련된 정보를 표시한다. 부가적으로, 생체 구조물(예를 들어, 심장(120))과 관련하여, 그들이 서로 공간적으로 일치된다.

[0063] 단계(702)에서, 활성화-시간 데이터가 접속되거나 수신된다. 활성화-시간 데이터는, 센서(104)가 감지 데이터를 생성하는 과정 중에 실시간으로, 또는 과정이 완료된 후에 접속될 수 있다. 활성화-시간 데이터가, 예를 들어 유선 또는 무선 통신을 통해서, 연산 장치(116) 또는 원격 장치로부터 접속될 수 있다. 또한, 일부 실시예 또는 양태에서, 그렇게 접속 또는 수신된 활성화-시간 데이터가, 전술한 도 2 및 도 3을 참조한 설명에 따라서, 위상-시간 데이터로 변환될 수 있다.

[0064] 초기화 단계(704)에서, 시간 계수기(t)가, t = 0으로 설정하는 것에 의해서 초기화된다. 또한, 그리드(402)의 각각의 지역과 연관된 순환성 계수기가 각각의 순환성 계수기 = 0으로 설정하는 것에 의해서 초기화된다. 부가적으로, 그리드(402)의 각각의 지역의 시각적인 표시를, 해당 지역에 대한 순환성 계수기 = 0을 나타내는 중립적 시각적 표시로 설정하는 것에 의해서, 열 맵이 초기화된다.

[0065] 단계(706)에서, 외측 루프(708)가 시작되어, 시간 간격(TI) 내의 모든 시간 증가를 반복적으로 처리한다. 단계(706)는, 현재의 예에서 일(1) msec인, 미리 결정된 시간 증가만큼 t를 증가시킨다. 단계(710)에서, 내측 루프(712)가 시작되어, 그리드(402)(도 4에 도시됨) 내에 포함된 각각의 지역을 반복적으로 처리한다. 따라서, 루프(708 및 710)가 각각의 증가 시간(t)에 대해서 그리드(402)의 모든 지역을 처리한다.

[0066] 단계(710)에서, 그리드(402)의 다음의 처리되지 않은 지역이 선택된다. 내측 루프(712)를 통한 제1 통과를 위해서, 제1 지역이 선택된다. 예를 들어, 그리드 교차부((8, D), (8, E), (7, E), 및 (7, D))에서 그리드(402)의 상부 좌측 모서리 내에 위치한 센서 소자(104)에 의해서 경계 지어지는 정사각형 지역이 되도록 제1 지역이 선택될 수 있다. 일부 실시예 또는 양태에서, 활성화-시간 데이터가, 전술한 도 2 및 도 3을 참조한 설명에 따라서, 선택된 지역에 대한 위상-시간 데이터로 변환될 수 있다.

[0067] 제2의 선택된 지역이 또한 이전에 선택된 지역 등에 인접할 수 있다. 따라서, 도시된 예에서, 그리드(402) 내에 제공된 49개 지역의 각각이 현재 시간(t)에 대해서 처리될 때까지, 내측 루프(712)가 49번 처리된다. 지역들을 처리하는 순서가 미리 규정될 수 있으나, 임의의 특정 순서로 제한되지 않는다.

[0068] 예로서, 도 4에 도시된 지역(414)이 처리를 위해서 선택된다. 선택된 지역(414)이 단계(800)에서 처리되어, 선택된 지역(414)에 대한 동인 활성도의 지수를 계산한다. 따라서, 선택된 지역(414)을 규정하는 감지 요소(406-

412)에 대한 그리드 교차부가 단계(800)에 대한 입력으로서 제공된다. 선택된 지역(414)에 대한 동인 활성도의 지수가 단계(800)에서 결정된다. 예를 들어, 도 2 및 도 3에 따라서 변환된 위상-시간 데이터에 따라 도 5 및 도 6의 분석을 이용하여 동인 활성도의 지수가 계산된다. 단계(800)가 선택된 지역(414)에 대한 동인 활성도의 지수를 출력하고, 그 후에 제어가 결정 단계(714)로 진행된다. 단계(800)는 도 8에 대해서 이하에서 더 구체적으로 설명된다.

[0069] 단계(714)에서, 동인 활성도가 전체 사이클에 걸치는 지의 여부에 대한 결정이 이루어진다. 만약 전체 사이클이 동인에 의해서 구동되면, 제어가 단계(716)로 진행된다. 만약 전체 사이클이 동인에 의해서 구동되지 않으면, 제어가 단계(720)로 진행된다.

[0070] 단계(716)에서, 현재 선택된 지역과 연관된 순환성 계수기가 1의 계수만큼 증가된다. 단계(718)에서, 선택된 지역과 연관된 시각적 표시를 하나의 단위만큼 증가시키는 것에 의해서, 열 맵이 갱신된다. 이어서, 제어가 단계(724)로 진행하고, 내측 루프(712)가 종료된다.

[0071] 단계(720)에서, 순환성 계수기가 1의 계수만큼 감소한다. 단계(722)에서, 선택된 지역과 연관된 시각적 표시를 하나의 단위만큼 감소시키는 것에 의해서, 열 맵이 갱신된다. 이어서, 제어가 단계(724)로 진행하고, 내측 루프(712)가 종료된다.

[0072] 단계(724)에서, 시간 = t에 대해서 모든 지역이 처리되었는 지의 여부가 결정된다. 만약 그렇지 않다면, 실행이 단계(710)로 진행되고, 그리드(402)의 지역 모두가 처리될 때까지, 내측 루프(712)의 다른 진행이 다음 지역을 위해서 처리된다. 만약 시간 = t에 대해서 모든 지역이 처리 된 것으로 단계(724)에서 결정된다면, 실행이 외측 루프(708)의 종료부인 단계(726)로 진행되어, 간격(TI)에 대한 모든 프레임이 처리되었는지의 여부(예를 들어, t >= TI)를 결정한다.

[0073] 만약 t < TI인 것으로 단계(726)에서 결정된다면, 이는 간격(TI)에 대해서 처리하기 위한 추가적인 시간 프레임(증가)이 있다는 것을 의미하고, 이어서 제어가 단계(706)로 복귀되고 외측-루프(708)의 다음 통과가 다음 시간 증가에 대해서 실시된다. 만약 단계(726)에서 t = TI라는 것이 결정된다면, 이는 간격(TI) 내의 모든 프레임이 처리되었다는 것을 의미하고, 이어서 외측-루프(708)가 종료되며, 제어가 단계(728)로 진행되고, 그러한 단계(728)에서 방법(700)이 종료된다.

[0074] 동작에서, 시간(t)에서 외측-루프(708)의 각각의 반복 중에, 모든 지역이 처리되고 각각의 지역과 연관된 순환성 계수기 및 열 맵의 가시적인 표시가 갱신되고 합계된다. 그에 따라, 외측-루프(708)의 각각의 후속되는 반복으로, 순환 방향에 따라서, 순환성 계수기를 증가 또는 감소시키는 것에 의해서, 각각의 지역과 연관된 순환성 계수기가 갱신된다. 외측-루프(708)의 많은 반복 중에 동일한 순환 방향을 가지는 가능한 순환성 동인이 지역 내에서 검출될 때, 해당 지역과 연관된 순환성 계수기가 연속적으로 증가하고(또는 극성에 따라서, 감소하고) 양 또는 음의 방향으로 비교적 큰 크기를 달성하여, 그 지역에서 반시계 방향 또는 시계 방향의 지속적인 순환성 활성화의 존재를 나타낸다.

[0075] 다른 한편으로, 외측-루프(708)의 상이한 반복 중에 반대되는 순환 방향이 발생될 때, 순환성 계수기가 증가하고 이어서 감소하여(또는 그 반대가 되어), 크기 증가를 상쇄시키고(본원에서, 순환성 계수기 절대값을 지칭함), 그에 따라 지속적인 순환성 동인이 그 지역에 존재하지 않는다는 것을 나타낸다. 따라서, 각각의 지역과 연관된 순환성 계수기의 크기가 일관된 순환 방향의 순환의 지속을 나타낸다.

[0076] 일부 실시예 또는 양태에서, 열 맵이 최종 프레임만을 포함할 수 있고, 및/또는 각각의 지역에 대한 순환성 계수기의 최종적 크기가 보고될 수 있다. 각각의 순환성 계수기의 크기는, 연관된 지역 내에서 순환이 발생하는지의 여부 및 그 지속 정도를 나타낸다. 각각의 지역과 연관된 순환성 계수기의 최종적인 크기가 미리 결정된 문턱값에 대해서 비교될 수 있다. 만약 순환성 계수기가 문턱값을 초과한다면, 연관된 지역 내에서 지속적인 순환이 발생한다는 결정이 이루어질 수 있다. 순환성 계수기의 최종적인 크기가 정적인(static) 정량적 정보를 제공하는 한편, 최종적인 열 맵 프레임은 순환성 패턴의 존재 및 지속에 관한 정적인 정량적 가시적 정보를 제공한다.

[0077] 방법(700)이 실시되는 다른 실시예 또는 양태에서, 전체 시간 간격 및/또는 모든 지역에 대한 위상-시간 데이터가 단계(704)의 실행에 앞서서 이용가능할 때, 예시적인 방법(700)에서의 일부 또는 모든 실행 단계가, 반복적인 것에 반대되는 것으로서, 다른 순서로, 직렬로, 병렬로, 또는 그 조합으로 실시될 수 있다. 상이한 프레임들 및/또는 상이한 지역들과 연관된 단계들이 상이한 순서로, 직렬로, 병렬로, 또는 그 조합으로 실시될 수 있다. 방법(700)이 단계(728)에서 종료된다.

[0078] 도 8을 참조하면, 예시적인 방법이 도 7의 단계(800)의 실행에 대해서 도시되어 있다. 그러한 방법은 지역을 처리하고 그 지역에 대한 동인 활성도의 지수를 결정한다. 입력 단계(801)에서, 도 7의 단계(710)에서 선택된 지역의 식별(identification)이 입력으로서 제공된다. 입력은, 선택된 지역을 규정하는 센서 소자의 식별을 포함한다. 본 예에서, 선택된 지역은, 센서 소자(406~412)에 의해서 규정되는 지역(414)이다.

[0079] 단계(802)에서, 동인 활성도의 지수가 0으로 초기화된다. 단계(804)에서, 루프(806)가 시작되어, 예를 들어, 지역(414)을 규정하는 센서 소자(406-412)를, 순차적으로, 반복적으로 선택한다. 현재의 예에서, 센서 소자(406)가 제1 통과 루프(806)에 대해서 선택된다. 센서 소자(408, 410, 및 412)가 후속하는 각각의 통과 루프(806)에 대해서 순차적으로 선택된다. 그러한 예시적 시퀀스가 지역(414) 주위의 반시계 방향 경로를 설명한다. 다른 시퀀스가 선택될 수 있다.

[0080] 단계(808)에서, 동인 활성도의 지수가, 선택된 방향을 따라서(예를 들어, 시계 방향으로 또는 반시계 방향으로) 선택된 센서 소자로부터 다음 센서 소자로 이동하면서, 예를 들어, 시퀀스 내의 선택된 센서 소자와 다음 센서 소자 사이의, 선택된 지역의 마지막 및 다음 정점을 기초로 결정된다. 동일한 선택된 방향이 루프(806)의 모든 반복에 대해서 이용된다는 것을 주목하여야 한다. 본 예에서, 제1 통과 루프(806) 중에, 센서 소자들(406 및 408) 사이의 동인 활성도의 지수가 결정된다. 각각의 제2, 제3 및 제4 통과 중에, 센서 소자들 사이의 동인 활성도의 지수가 결정된다. 단계(810)에서, 순환의 원호가 동일한 방향으로 계속되는지의 여부에 대한 결정이 이루어진다. 만약 그렇지 않은 것으로 결정된다면, 단계(812)가 실행되어 동인 활성도의 지수를 조정하고, 예를 들어 동인 활성도의 지수로부터 값을 차감한다. 만약 그러한 것으로 결정된다면, 단계(814)가 실행되어 동인 활성도의 지수를 조정하고, 예를 들어 동인 활성도의 지수로 값을 부가한다.

[0081] 루프(806)가 종료되는, 단계(818)에서, 모든 정점(예를 들어, 센서 소자(406-412))이 선택된 지역(414)에 대해서 처리되었는 지의 여부에 대해서 결정이 이루어진다. 만약 그렇지 않은 것으로 결정된다면, 제어가 단계(804)로 복귀되어, 시퀀스 내의 다음 센서 소자를 선택하고 새롭게 선택된 센서 소자로 루프(806)를 실행한다. 루프(806)의 최종적인 반복 후에, 단계(818)에서, 모든 센서 소자가 선택되고 처리되었는지의 여부에 대한 결정이 이루어진다. 만약 그러한 것으로 결정된다면, 동인 활성도의 지수가 단계(820)에서 출력되고 제어가 도 7의 단계(714)로 진행된다.

[0082] 이제, 도 7을 참조하면, 연산 장치(116)에 의해서 생성된 열 맵이 APM 프레임 상으로 겹쳐진다. 열 맵은, 외측-루프(708)의 각각의 반복과 연관된 시간 증가에 상응하는 일련의 프레임을 포함할 수 있다. 열 맵은, 그리드(402)의 각각의 지역과 연관된 순환성 계수기의 크기를 나타내기 위해서, 색채, 세기, 또는 그레이의 음영과 같은, 가시적인 표시를 이용한다. 순환성 계수기의 크기가 클수록, 검출되는 순환성 활성화 지역이 지속성이 더 강하다.

[0083] 상이한 색채 또는 그레이의 음영이 여러 가지 순환성 계수기 크기에 할당될 수 있다. 다른 맵 상으로 겹쳐질 때, 그림 또는 문자, 등의 하부의 정보가 보일 수 있도록, 열 맵의 색채 및 음영이 반투명할 수 있다. 복수 색채 구성에서, 예를 들어, (예를 들어, 무지개 스펙트럼을 기초로) 따뜻한 색채가 큰 순환성 계수기 크기로 할당될 수 있을 것이고, 차가운 색채가 작은 순환성 계수기 크기로 할당될 수 있을 것이며, 적색이 가장 큰 크기를 나타내고 보라색이 가장 작은 것을 나타낼 수 있다. 그레이-스케일 구성에서, 예를 들어, 밝은 음영이 큰 크기로 할당될 수 있을 것이고, 어두운 음영이 작은 크기로 할당될 수 있을 것이며, 백색이 가장 큰 크기를 나타내고 검은 색이 가장 작은 크기를 나타낸다.

[0084] 현재의 예에서, 적색과 같은 단일 색채가 이용되고, 색채의 세기가 순환성 계수기의 크기에 따라 증가한다. 순환성 계수기 = 0일 때, 색채가 표시되지 않는다.

[0085] 외측-루프(708)의 반복이 처리되고 순환성 계수기가 갱신됨에 따라, 열 맵이 프레임별로 갱신된다. 그에 따라, 열 맵의 각각의 프레임이 이전 프레임의 합계를 나타낸다. 합계 전반을 통해서, 순환성 계수기의 크기의 증가는 검출된 순환성 패턴의 존재 및 지속을 나타낸다. 단계(728)에 도달하면, 열 맵의 최종 프레임이 생성되고 열 맵이 완성된다. 최종 프레임은 모든 이전 프레임의 합계를 보여주고 지속적인 순환, 그들의 그리드(402) 상의 위치, 및 그들의 지속의 정도를 도표로 보여준다.

[0086] 표시되는 열 맵은 지속적인 순환 패턴의 위치(동인)를 관찰자, 예를 들어 의사에게 표시한다. 의사가 그러한 정보를 이용하여, 심박 이상과 연관된 근원을 식별할 수 있다. 따라서, 의사가, 근원 및/또는 그러한 근원을 구동하는 순환 패턴(동인)에서, 또는 조직의 가능한 여유분(margin) 내에서 심장 조직을 치료하여, 심박 이상을 억제 또는 제거할 수 있다.

[0087] 열 맵의 일련의 프레임이 저장되고 재생될 수 있다. 외측-루프(708)의 각각의 반복으로 그리드(402)의 모든 지역에 대해서 정보가 합계되기 때문에, 열 맵 비디오의 일련의 프레임이 재생됨에 따라, 지속의 가시적 표시가 동적이고, 지속적인 순환이 세기 증가로 보이고, 일시적인 순환 또는 잡음은 보이지 않거나, 짧은 지속시간 동안 보이고 이어서 사라지거나 흐려진다.

[0088] 그리드(402)가 선호도 값에 대해서 정규화될 수 있다. 선호도 값을 이용하여, 가장 중요한 값을 1로 설정할 수 있고, 다른 것들이 0 내지 1 사이의 범위를 가지는 것으로 가정할 수 있다. 대안적으로, 그리드(402)가 분석되는 시간에 대해서 정규화되어, 검출된 위상 특이성이 존재하는 시간의 백분율을 반영할 수 있다.

[0089] 도 9는, APM 프레임(903) 위에 겹쳐진 열 맵 프레임(902)을 포함하는 프레임(900)을 도시한다. APM 프레임(903)이 단일의 독립형 프레임일 수 있거나, 일련의 APM 프레임, 예를 들어 비디오(150)에 속할 수 있다. 열 맵(902) 비디오가 APM 비디오 위에 겹쳐질 때, 프레임(902 및 903)이 동일한 시간 증가에 상응하도록, 맵들이 동기화될 수 있다. 그 대신에, 그 맵들이 동기화되지 않을 수 있다.

[0090] 예시적인 APM(903)이, 이전의 프레임을 다시 재생할 때 보이는 것과 같이, 중앙 지점 주위로 이동하는 전기적 활성도의 지역(906)을 포함한다. 단일 프레임 내에서 수집된 정보를 기초로, 중앙 지점이, 백색 점(904)에 의해서 표시된 반복되는 활성화를 가지는 영역으로서 식별된다. 열 맵(902)은, 가장 작은 세기로부터 가장 큰 세기로 여기에서 나열된, 세기가 변하는 지역(910, 912, 914)을 포함하는 적색 지역(908)을 포함한다. 적색 지역(908)은, 열 맵(902)의 부분과 연관된 순환성 계수기가 증가했다는 것을 나타내고, 적색 지역(908)의 세기는 순환성 계수기의 크기에 따라서 지역(912 및 914)에서 증가한다. 가장 세기가 큰 지역(914)은 가장 큰 순환성 계수기의 계산된 크기에 상응한다. 순환성 계수기의 가장 큰 계산된 크기 및 가장 세기가 큰 지역(914)이 전기적 활성도의 중심(동인)(906)을 나타낼 수 있고 심박 이상의 근원을 나타낼 수 있다. 여기에서, 가장 세기가 큰 지역(914)이 APM(903)의 백색 점(904) 근처에 위치한다. 따라서, APM(903)의 백색 점(904)이 열 맵(902)의 세기가 큰 적색 지역(914)과 일치된다.

[0091] 예시적인 지역(918)이 열 맵(902) 상에 도시되어 있고, 그 경계가 쇄선으로 표시되어 있다. 그러한 지역(918)이 더 작은 요소(920)를 포함할 수 있다. 지역(918)과 연관된 가시적인 표시가 지역(918) 내에서 변할 수 있고, 다른 요소(920)가 상이한 가시적 표시를 가지는 것으로 보인다. 내삽과 같은 방법 및 계산을 이용하여, 지역(918) 내의 다른 요소(920)의 가시적 표시를 변경할 수 있다. 부가적으로, 동일한 가시적 표시를 가지는 2개의 요소(920)의 가시적인 표시의 외관이 하부의 이미지, 예를 들어 APM(903)으로 인해서 달라질 수 있다.

[0092] 열 맵(902)은, 지속적인 패턴을 표시하기 위해서 비디오의 경로에 걸쳐서 축적되는 정보의 합계를 제공하고, 연관된 순환의 상당량을 가지지 않는 이벤트를 여과하여 제거한다. 정보의 조합은, 관찰자에게, 확실한 정보, 동적인 정보 및 위치적인 정보의 조합을 제공한다.

[0093] 부가적으로 또는 대안적으로, 열 맵(902)이, 센서 위치 및/또는 센서(104)가 배치되는 해부학적 구조의 이미지 상에 겹쳐지거나 중첩될 수 있다. 이러한 이미지의 조합이, 센서(104)의 위치에 대한 지속적인 위상 특이성의 위치와 관련된 부가적인 위치적 정보를 제공할 수 있다.

[0094] 도 10은 일반적인 컴퓨터 시스템(100)의 예시적인 실시예의 블록도이다. 연산 시스템(1000)이 명령어의 세트 또는 본원에서 개시된 기능을 기초로 하는 컴퓨터를 포함할 수 있고, 그러한 명령어의 세트는, 연산 시스템(1000)으로 하여금 임의의 하나 이상의 방법을 실시하도록 실행될 수 있다. 연산 시스템(1000) 또는 그 임의 부분이 독립적인 장치로서 동작할 수 있거나, 네트워크(1024) 또는 다른 연결부를 이용하여, 다른 연산 시스템 또는 주변 장치로 연결될 수 있다.

[0095] 연산 시스템(1000)은, 또한, 개인용 컴퓨터(PC), 태블릿 PC, 휴대 정보 단말기(PDA), 모바일 장치, 팜탑 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, 데스크탑 컴퓨터, 통신 장치, 제어 시스템, 웹 어플라이언스, 또는 기계에 의해 행해질 작용을 특정하는 명령어의 세트를 (순차적으로 또는 다른 방식으로) 실행할 수 있는 다른 임의의 기계와 같은, 다양한 장치들로서 구현될 수 있거나 이러한 다양한 장치들 내에 통합될 수 있다. 또한, 단일 연산 시스템(1000)이 도시되어 있지만, "시스템"이라는 용어는, 또한, 하나 이상의 컴퓨터 기능을 수행하기 위한 명령어의 한 세트 또는 다수의 세트를 개별적으로 또는 함께 실행하는 시스템 또는 하위 시스템의 임의의 집합을 포함하는 것이다.

[0096] 도 10에 도시한 바와 같이, 연산 시스템(1000)은, 프로세서(1002), 예를 들어, 중앙 처리 장치(CPU), 그래픽 처리 장치(GPU), 또는 양자 모두를 포함할 수 있다. 또한, 연산 시스템(1000)은, 버스(1026)를 통해 서로 통신할 수 있는, 메인 메모리(1004)와 스태틱 메모리(1006)를 포함할 수 있다. 도시한 바와 같이, 연산

시스템(1000)은, 액정 디스플레이(LCD), 유기 발광 다이오드(OLED), 평판 디스플레이, 솔리드 스테이트 디스플레이, 또는 음극선관(CRT)과 같은 비디오 디스플레이 유닛(1010)을 더 포함할 수 있다. 또한, 연산 시스템(1000)은, 키보드와 같은 입력 장치(1012), 및 마우스와 같은 커서 제어 장치(1014)를 포함할 수 있다. 연산 시스템(1000)은, 또한, 디스크 구동 유닛(1016), 스피커나 리모콘과 같은 신호 생성 장치(1022), 및 네트워크 인터페이스 장치(1008)를 포함할 수 있다.

[0097] 특별한 실시예 또는 양태에서, 도 10에 도시한 바와 같이, 디스크 구동 유닛(1016)이, 명령어(1020)의 하나 이상의 세트, 예를 들어, 소프트웨어가 임베딩되거나 코딩되거나 저장될 수 있는 기계-판독 가능 또는 컴퓨터 판독가능 매체(1018)를 포함할 수 있다. 또한, 명령어들(1020)은 본 명세서에서 설명하는 바와 같은 하나 이상의 방법이나 로직을 구현할 수 있다. 특정 실시예 또는 양태에서, 명령어(1020)는, 연산 시스템(1000)에 의한 실행 동안 메인 메모리(1004), 스태틱 메모리(1006) 내에 및/또는 프로세서(1002) 내에 완전히 또는 적어도 부분적으로 상주할 수 있다. 메인 메모리(1004)와 프로세서(1002)도 컴퓨터-판독가능 매체를 포함할 수 있다.

[0098] 대안적인 실시예에서, 주문형 집적 회로, 프로그래밍가능 로직 어레이, 및 기타 하드웨어 장치와 같은 전용 하드웨어 구현예가 본 명세서에서 설명하는 방법들 중 하나 이상을 구현하도록 구축될 수 있다. 다양한 실시예의 장치와 시스템을 포함할 수 있는 애플리케이션이 다양한 전자 시스템과 컴퓨터 시스템을 넓게 포함할 수 있다. 본 명세서에서 설명하는 하나 이상의 실시예 또는 양태가, 모듈 간에 그리고 모듈을 통해 통신할 수 있는 관련된 제어 및 데이터 신호를 이용하는 2개 이상의 특정 상호접속 하드웨어 모듈 또는 장치를 사용하여, 또는 주문형 집적 회로의 일부를 사용하여, 기능을 구현할 수 있다. 따라서, 본 시스템은 소프트웨어, 펌웨어, 및 하드웨어 구현예를 포함한다.

[0099] 다양한 실시예 또는 양태에 따라, 본 명세서에서 설명하는 방법은 프로세서-판독가능 매체 내에 유형적으로 구체화된 소프트웨어 프로그램에 의해 구현될 수 있고, 프로세서에 의해 실행될 수 있다. 또한, 예시적이며 비제한적인 실시예 또는 양태에서, 구현예는 분산형 처리, 컴포넌트/오브젝트 분산형 처리, 및 병렬 처리를 포함할 수 있다. 대안적으로, 가상 컴퓨터 시스템 처리를 구축하여 본 명세서에서 설명하는 바와 같은 기능 또는 방법 중 하나 이상을 구현할 수 있다.

[0100] 또한, 컴퓨터-판독가능 매체가, 명령어(1020)를 포함하거나 또는 전파 신호에 응답하여 명령어(1020)를 수신하여 실행하고, 이에 따라 네트워크(1024)에 연결된 장치가 음성, 비디오, 또는 데이터를 네트워크(1024)를 통해 통신할 수 있다는 것을 고려할 수 있다. 또한, 명령어(1020)는 네트워크 인터페이스 장치(1008)를 경유하여 네트워크(1024)를 통해 송신 또는 수신될 수 있다.

[0101] 컴퓨터-판독가능 매체가 단일 매체로 도시되어 있지만, "컴퓨터-판독가능 매체"라는 용어는, 단일 매체 또는 다수의 매체를 포함하며, 예를 들어, 집중형 또는 분산형 데이터베이스, 및/또는 명령어의 하나 이상의 세트를 저장하는 연관된 캐시와 서버를 포함한다. "컴퓨터-판독가능 매체"라는 용어는, 또한, 프로세서에 의해 실행될 명령어의 세트를 저장, 인코딩, 또는 본 명세서에서 설명하는 단계나 방법 중 임의의 하나 이상을 컴퓨터 시스템이 수행하게 하는 임의의 유형적인 매체를 포함한다.

[0102] 특정의 비제한적인, 예시적인 실시예 또는 양태에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 하나 이상의 비휘발성 판독 전용 메모리를 수용하는 메모리 카드나 기타 패키지와 같은, 솔리드-스테이트 메모리를 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨터-판독가능 매체가 랜덤 액세스 메모리 또는 다른 휘발성 재기입가능 메모리일 수 있다. 또한, 컴퓨터-판독가능 매체는, 디스크나 테이프 또는 송신 매체를 통해 통신하는 신호 등의 반송파 신호를 캡처 및 저장하기 위한 다른 저장 장치와 같은, 자기 광학 매체 또는 광학 매체를 포함할 수 있다. 이메일 또는 다른 자족형 정보 아카이브 또는 아카이브들의 세트에 대한 디지털 파일 부착이, 유형의 저장 매체와 균등한 분산형 매체로 고려될 수 있다. 따라서, 데이터나 명령어들이 저장될 수 있는, 컴퓨터-판독가능 매체 또는 분산형 매체 및 기타 균등물 및 후속 매체들 중 임의의 하나 이상이 본 명세서에 포함된다.

[0103] 다양한 실시예 또는 양태에 따르면, 본 명세서에서 설명하는 방법은 컴퓨터 프로세서에서 실행되는 하나 이상의 소프트웨어 프로그램으로서 구현될 수 있다. 주문형 집적 회로, 프로그래밍가능 로직 어레이, 및 기타 하드웨어 장치를 포함하는 전용 하드웨어 구현예도 마찬가지로 구축하여 본 명세서에서 설명하는 방법을 구현할 수 있지만, 이러한 구현예로 한정되지는 않는다. 또한, 분산형 처리 또는 컴포넌트/오브젝트 분산형 처리, 병렬 처리, 또는 가상 기계 처리를 포함하는 대체 소프트웨어 구현예를 구축하여 본 명세서에서 설명하는 방법을 구현할 수 있지만, 이러한 구현예들로 한정되지는 않는다.

[0104] 또한, 개시된 방법을 구현하는 소프트웨어가, 선택 사항으로서, 디스크나 테이프 등의 자기 매체; 디스크와 같

은 자기-광학 매체 또는 광학 매체; 또는 하나 이상의 판독 전용(비휘발성) 메모리, 랜덤 액세스 메모리, 또는 기타 재기입가능(휘발성) 메모리(A)를 수용하는 메모리 카드나 기타 패키지와 같은 솔리드 스테이트 매체와 같은 유형의 저장 매체에 저장될 수 있다는 것을 주목하여야 할 것이다. 이메일 또는 다른 자족형 정보 아카이브 또는 아카이브의 세트에 대한 디지털 파일 부착이, 유형의 저장 매체와 균등한 분산형 매체로서 고려된다. 이에 따라, 본 명세서의 소프트웨어 구현예가 저장될 수 있는, 본원에서 열거한 바와 같은 유형적인 저장 매체 또는 분산형 매체, 및 기타 균등물과 후속 매체가 본 명세서에 포함된다.

[0105] 따라서, 심박 이상과 같은 생체 리듬 이상과 연관된 추론적 근원을 규정하기 위한 시스템 및 방법이 본원에서 설명되었다. 구체적인 실시예 또는 양태를 설명하였지만, 본 발명의 넓은 범위로부터 벗어나지 않고서 이러한 실시예 또는 양태에 다양한 수정과 변경을 행할 수 있음은 명백하다. 이에 따라, 명세서와 도면은 제한적인 의미라기보다는 예시적인 의미로 간주되어야 한다. 본 발명의 일부를 형성하는 첨부 도면은, 개시 내용이 실시될 수 있는 특정한 실시예 또는 양태를 제한적이지 않게 예시적으로 도시한다. 예시된 실시예 또는 양태는, 당업자로 하여금 본 명세서에 개시된 교시 내용을 실시할 수 있도록 충분히 상세하게 설명되어 있다. 다른 실시예 또는 양태를 활용 및 도출할 수 있으며, 예를 들어, 본 개시 내용의 범위로부터 벗어나지 않고서 구조적 대체와 논리적 대체 및 변경을 행할 수 있다. 따라서, 이러한 상세한 설명은 제한적인 의미로 받아들이지 않아야 하고, 다양한 실시예 또는 양태의 범위는, 청구항에 의한 균등물의 전체 범위와 함께, 첨부된 청구항에 의해서만 규정된다.

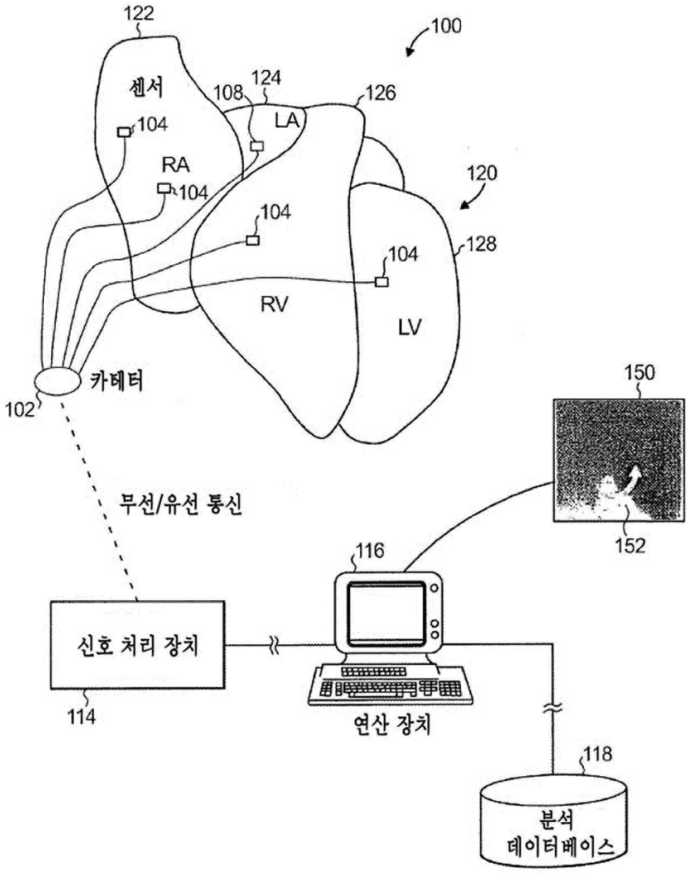
[0106] 발명의 청구 대상의 이러한 실시예 또는 양태가, 단지 편의상 그리고, 하나 초과가 사실상 개시된 경우에, 본원의 범위를 단일 발명 또는 발명의 개념으로 자발적으로 제한하고자 하는 의도가 없이, 단순히 "발명"이라는 용어에 의해서, 개별적으로 또는 집합적으로 본원에서 언급될 수 있다. 따라서, 본 명세서에서 구체적인 실시예 또는 양태를 예시하고 설명하였지만, 동일한 목적을 달성하도록 계산된 임의의 구성이 예시한 구체적인 실시예 또는 양태를 대체할 수도 있다는 것을 이해하여야 할 것이다. 이러한 개시 내용은 다양한 실시예 또는 양태의 임의의 모든 적응예 또는 변경예를 망라하려는 의도를 갖는다. 본원에서 구체적으로 설명되지 않은, 전술한 실시예 또는 양태, 및 다른 실시예 또는 양태의 조합이, 상기 내용의 검토로부터, 당업자에게 자명할 것이다.

[0107] 요약서는 특허법 37 C.F.R. §1.72(b)에 따라 제공되며, 독자가 기술적 개시 내용의 성질과 요지를 빠르게 파악할 수 있게 한다. 요약서가 청구항의 범위 또는 의미를 해석 또는 제한하는데 있어서 이용되지 않아야 한다는 것을 이해할 수 있다.

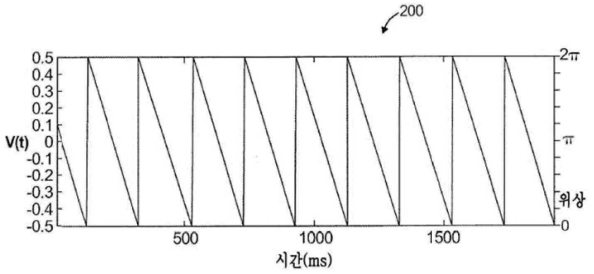
[0108] 실시예 또는 양태에 관한 전술한 설명에서, 개시 내용을 간소화하기 위한 목적으로 다양한 특징부가 단일 실시예에서 함께 그룹화되어 있다. 개시 내용의 이러한 방법은, 청구된 실시예 또는 양태가 각각의 청구항에서 명백하게 인용된 것보다 더 많은 특징을 필요로 한다는 것을 반영하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 오히려, 이하의 청구항에서 반영된 바와 같이, 발명에 따른 청구대상은 하나의 개시된 실시예 또는 양태의 모든 특징보다 적은 특징에 따른다. 그에 따라, 이하의 청구항은 상세한 설명에 포함되고, 각각의 청구항은 분리된 예시적인 청구 대상 또는 양태로서 자체적으로 유효하다. 본원에서 설명된 여러 가지 실시예 또는 양태가, 상세한 설명에서 명시적으로 언급되지 않은 다른 조합으로 조합되거나 그룹화될 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 또한, 그러한 상이한 조합을 망라하는 청구항이, 상세한 설명에 포함될 수 있는, 별개의 예시적인 실시예 또는 양태로서 유사하게 자체적으로 유효할 수 있다.

## 도면

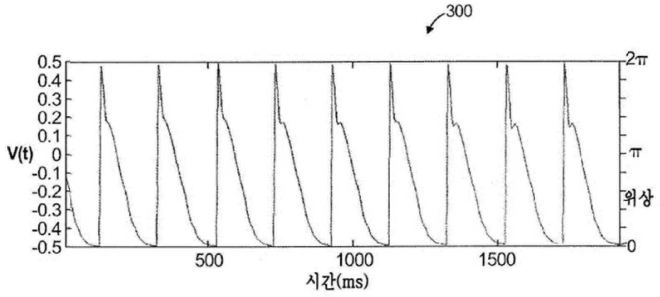
### 도면1


122
센서
104
RA
104
108
124
LA
126
100
120
104
104
128
RV
LV
카테터
102
150
152
무선/유선 통신
116
신호 처리 장치
114
연산 장치
118
분석
데이터베이스

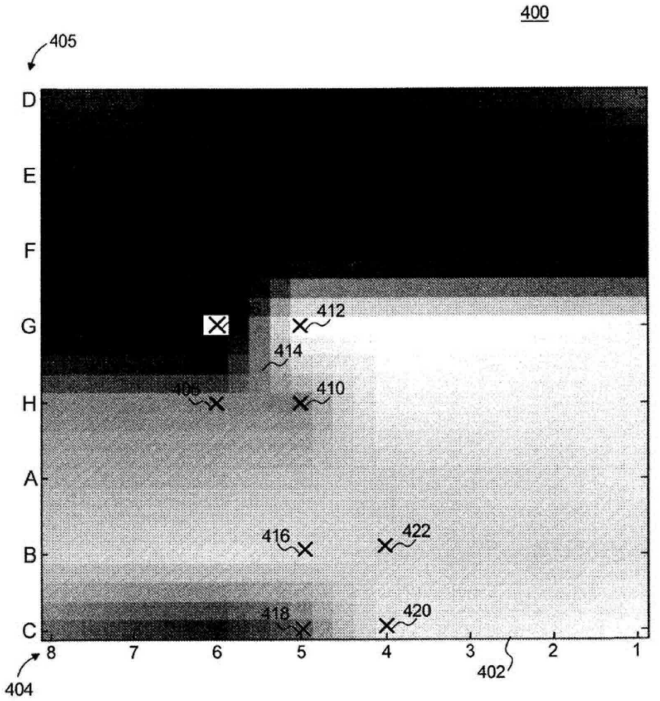
### 도면2


200
V(t)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
500
1000
1500
시간(ms)
2π
π
위상
0

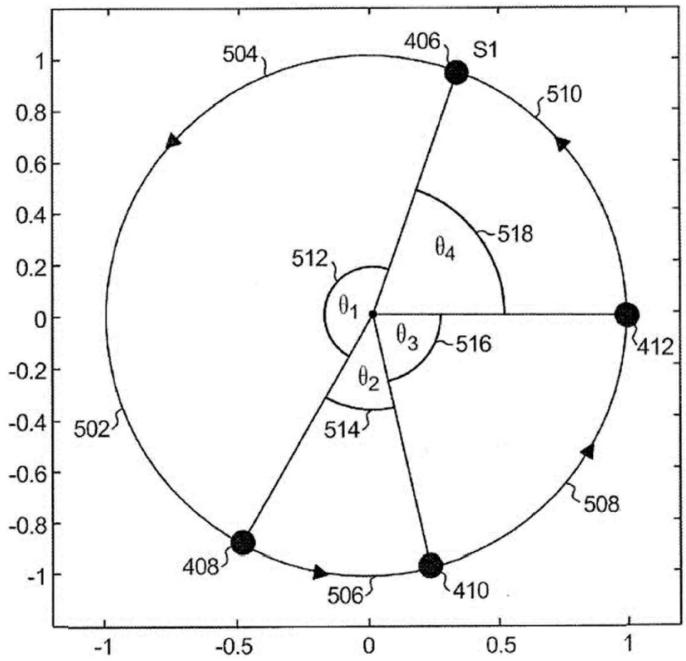
도면3


300
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
V(t) 0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
500
1000
1500
시간(ms)
2π
π
위상
0

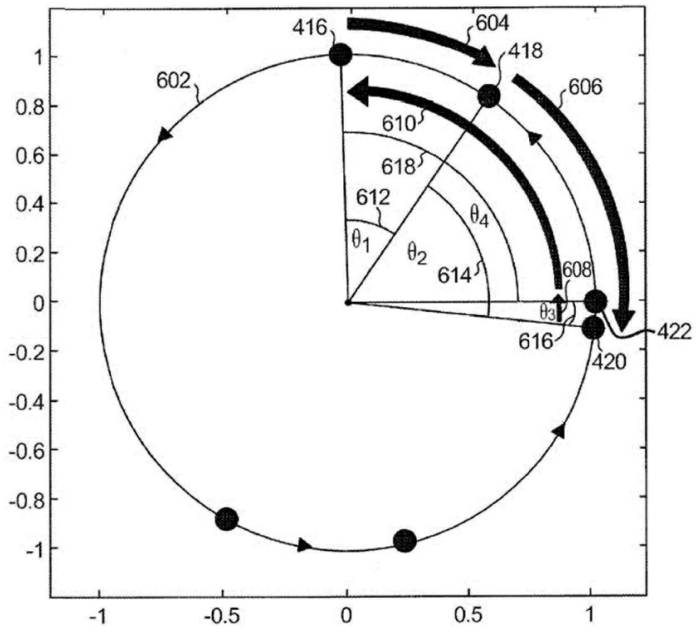
도면4


400
405
D
E
F
G
H
A
B
C
412
414
410
416
422
418
420
8
7
6
5
4
3
2
1
402
404

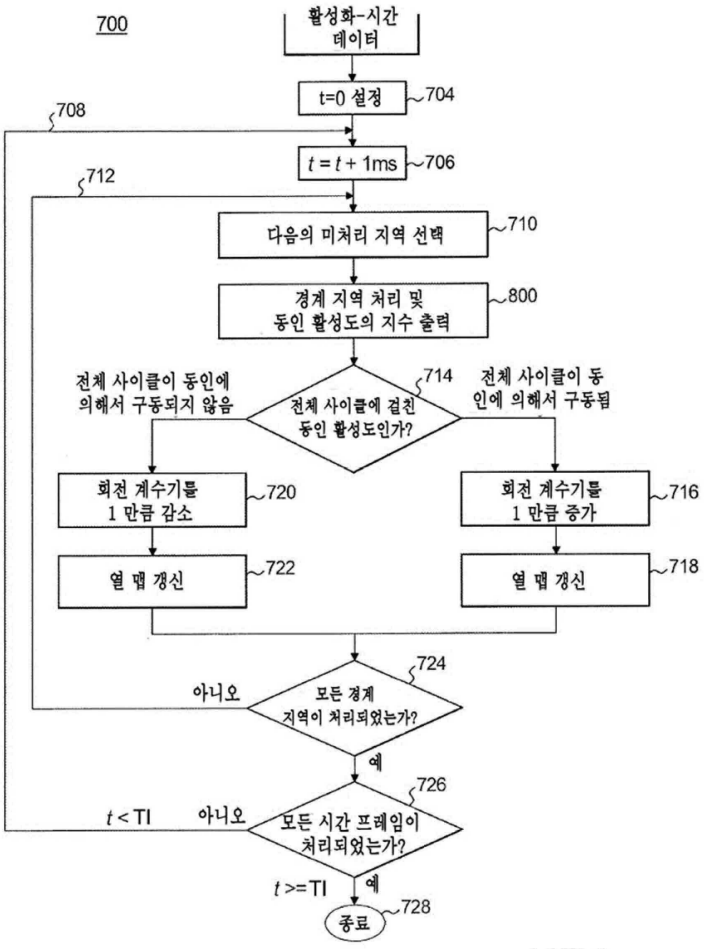
도면5


504
406
S1
510
518
θ4
512
θ1
θ3
516
412
θ2
502
514
508
408
506
410
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1
-0.5
0
0.5
1

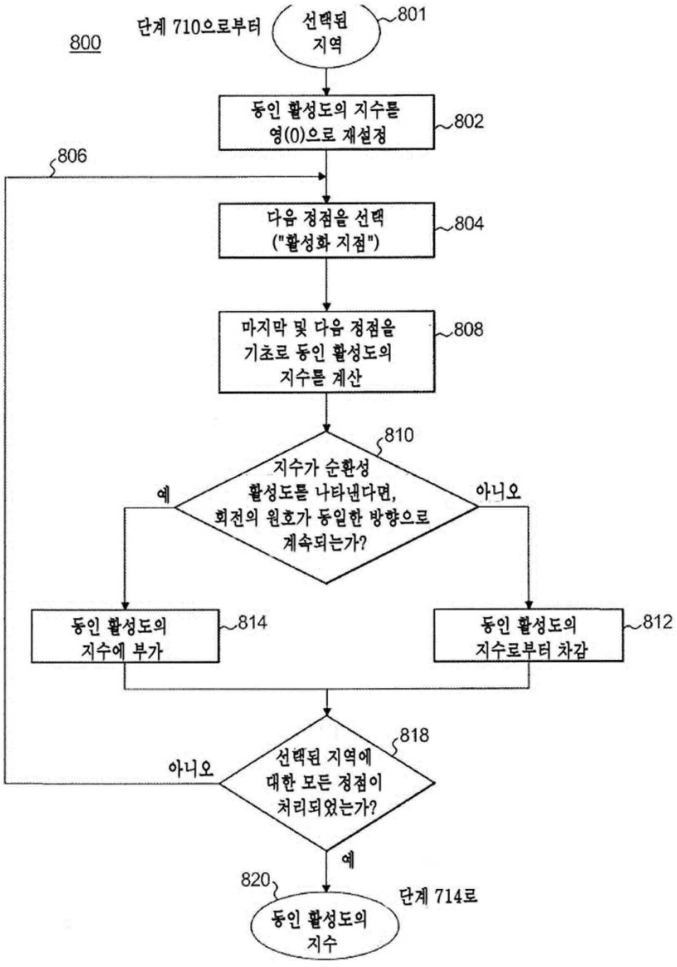
도면6


416
604
418
602
606
610
618
612
θ4
θ1
θ2
614
608
θ3
616
422
420
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1
-0.5
0
0.5
1

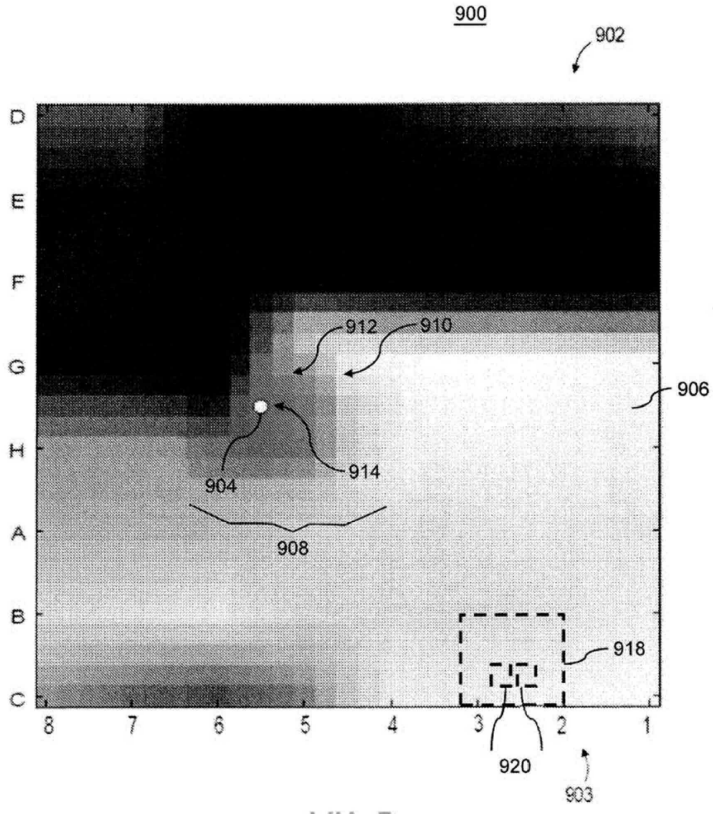
도면7


700
활성화-시간 데이터
t=0 설정
704
708
t = t + 1ms
706
712
다음의 미처리 지역 선택
710
경계 지역 처리 및 동인 활성도의 지수 출력
800
전체 사이클이 동인에 의해서 구동되지 않음
714
전체 사이클에 걸친 동인 활성도인가?
전체 사이클이 동인에 의해서 구동됨
회전 계수기를 1 만큼 감소
720
회전 계수기를 1 만큼 증가
716
열 맵 갱신
722
열 맵 갱신
718
724
아니오
모든 경계 지역이 처리되었는가?
예
726
t < TI
아니오
모든 시간 프레임이 처리되었는가?
t >= TI
예
종료
728

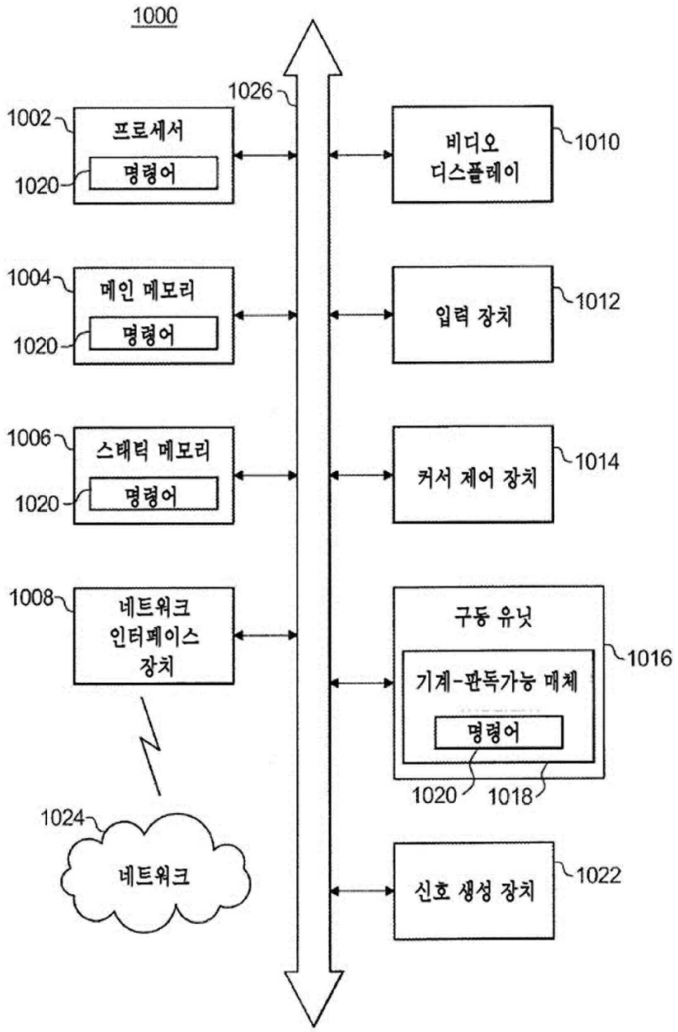
도면8


800
단계 710으로부터
선택된 지역
801
동인 활성도의 지수를 영(0)으로 재설정
802
806
다음 정점을 선택 ("활성화 지점")
804
마지막 및 다음 정점을 기초로 동인 활성도의 지수를 계산
808
810
지수가 순환성 활성도를 나타낸다면, 회전의 원호가 동일한 방향으로 계속되는가?
예
아니오
동인 활성도의 지수에 부가
814
동인 활성도의 지수로부터 차감
812
818
선택된 지역에 대한 모든 정점이 처리되었는가?
아니오
예
820
동인 활성도의 지수
단계 714로

도면9



도면10


1000
1026
1002
프로세서
명령어
1020
1004
메인 메모리
명령어
1020
1006
스태틱 메모리
명령어
1020
1008
네트워크 인터페이스 장치
1024
네트워크
비디오 디스플레이
1010
입력 장치
1012
커서 제어 장치
1014
구동 유닛
기계-판독가능 매체
명령어
1016
1020
1018
신호 생성 장치
1022