



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

이미지 상에 구조(structure)를 형성하기 위한 컴퓨터 이용 방법으로서,

에지 검출을 위해 목표 구조의 이미지를 획득하는 단계와;

상기 이미지 상의 상기 구조 내에 시드점을 설정하는 단계와;

이미지상에 지시되어 있는 계산된 에지를 갖는 상기 구조의 부분적으로 처리된 이미지를 생성하기 위해 상기 이미지 내의 에지를 검출하는 단계와;

각각의 교점에서 상기 계산된 에지를 교차하도록 상기 시드점으로부터 반경방향으로 복수의 광선을 확장하는 단계와;

상기 교점 중 이웃하는 교점을 연결하는 각각의 세그먼트를 갖는 초기 폐쇄 윤곽을 형성하도록 상기 교점을 연결하는 단계와;

상기 이미지의 관심 영역에서 변형력 구배를 계산하는 단계와;

변형된 폐쇄 윤곽을 형성하도록 상기 변형력 구배에 응답하여 상기 폐쇄 윤곽을 변형하는 단계와;

미리 규정된 불량 기준에 부합하는 상기 변형된 폐쇄 윤곽으로부터 상기 세그먼트들중 하나의 세그먼트를 삭제하는 단계를 포함하는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 변형력 구배에 대항하는 내력을 계산하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 변형 단계는 상기 내력과 상기 변형력 구배의 분해능에 응답하여 수행되는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 이미지는 초음파 이미지인 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 에지 검출 단계 이전에 상기 이미지를 평활화하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 에지 검출 단계는 캐니 에지 검출을 포함하는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 광선은  $5^\circ$  를 초과하지 않는 각 분해능을 갖는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 시드점을 향해 상기 폐쇄 윤곽을 수축하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 변형된 폐쇄 윤곽의 각각의 에지점에서 강도 구배를 계산하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 불량 기준은 상기 에지점의 강도 구배가 미리 규정된 분할 임계치보다 작은 세그먼트를 포함하는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 불량 기준은 내부에 절첩부를 갖는 세그먼트를 포함하는 컴퓨터 이용 방법.

### 청구항 10

이미지 상에 구조를 형성하기 위한 컴퓨터 소프트웨어 제품으로서, 컴퓨터 프로그램 명령이 저장되는 컴퓨터 저장 매체를 포함하고, 상기 명령은 컴퓨터에 의해 실행될 때, 컴퓨터가 이하의 동작, 즉

에지 검출을 위해 목표 구조의 이미지를 서술하는 데이터를 수용하고,

상기 이미지 상의 상기 구조 내에 시드점을 설립하고,

그 상부에 지시되어 있는 계산된 에지를 갖는 상기 구조의 부분적으로 처리된 이미지를 생성하기 위해 에지 검출 프로그램을 실행하고,

각각의 교점에서 상기 계산된 에지를 교차하도록 상기 시드점으로부터 반경방향으로 복수의 광선을 확장하고,

상기 교점 중 이웃하는 교점을 연결하는 각각의 세그먼트를 갖는 초기 폐쇄 윤곽을 형성하도록 상기 교점을 연결하고,

상기 폐쇄 윤곽 상의 각각의 소재에서의 변형력 구배를 계산하고,

변형된 폐쇄 윤곽을 형성하도록 상기 변형력 구배에 응답하여 상기 폐쇄 윤곽을 변형하고,

미리 규정된 불량 기준에 부합하는 상기 변형된 폐쇄 윤곽으로부터 상기 세그먼트들중 하나의 세그먼트를 삭제하는 동작을 수행하도록 하는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 컴퓨터는 상기 변형력 구배에 대항하는 내력을 계산하여 상기 내력과 상기 변형력 구배의 분해능에 응답하여 상기 폐쇄 윤곽을 변형하도록 또한 명령되는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 12

제10항에 있어서, 상기 이미지는 초음파 이미지인 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 13

제10항에 있어서, 상기 컴퓨터는 상기 에지 검출 프로그램 실행 이전에 상기 이미지를 평활화하기 위한 평활화 프로그램을 실행하도록 또한 명령되는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 14

제10항에 있어서, 상기 에지 검출 프로그램은 캐니 에지 검출을 포함하는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 15

제10항에 있어서, 상기 광선은  $5^\circ$  를 초과하지 않는 각 분해능을 갖는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 16

제10항에 있어서, 상기 컴퓨터는 상기 시드점을 향해 상기 폐쇄 윤곽을 수축하도록 또한 명령되는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 17

제10항에 있어서, 상기 컴퓨터는 변형된 폐쇄 윤곽의 각각의 에지점에서 강도 구배를 계산하도록 또한 명령되고, 상기 불량 기준은 상기 에지점의 강도 구배가 미리 규정된 분할 임계치보다 작은 세그먼트를 포함하는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 18

제10항에 있어서, 상기 불량 기준은 내부에 절첩부를 갖는 세그먼트를 포함하는 컴퓨터 소프트웨어 제품.

#### 청구항 19

이미지 상에 구조를 형성하기 위한 시스템으로서,

디스플레이와;

목표 구조의 이미지를 서술하는 데이터를 저장하고, 에지 검출 프로그램을 포함하는 실행 가능 객체를 저장하기 위한 메모리와;

상기 메모리에 결합된 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는, 상기 데이터를 처리하고, 상기 이미지 상의 상기 구조 내에 시드점을 설정하고, 이미지에 지시되어 있는 계산된 에지를 갖는 상기 구조의 부분적으로 처리된 이미지를 생성하기 위해 에지 검출 프로그램을 실행하고, 각각의 교점에서 상기 계산된 에지를 교차하도록 상기 시드점으로부터 반경방향으로 복수의 광선을 확장하고, 상기 교점 중 이웃하는 교점을 연결하는 각각의 세그먼트를 갖는 초기 폐쇄 윤곽을 형성하도록 상기 교점을 연결하고, 상기 폐쇄 윤곽 상의 각각의 소재에서의 변형력 구배를 계산하고, 변형된 폐쇄 윤곽을 형성하도록 상기 변형력 구배에 응답하여 상기 폐쇄 윤곽을 변형하고, 처리된 이미지를 형성하도록 미리 규정된 불량 기준에 부합하는 상기 변형된 폐쇄 윤곽 상의 상기 세그먼트들중 하나의 세그먼트를 삭제하고, 상기 디스플레이 상에 상기 처리된 이미지를 제시하도록 작동하는 시스템.

## 청구항 20

제19항에 있어서, 상기 이미지는 초음파 이미지인 시스템.

## 청구항 21

제19항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 변형된 폐쇄 윤곽의 각각의 에지점에서 강도 구배를 계산하도록 작동하고, 상기 불량 기준은 상기 에지점의 강도 구배가 미리 규정된 분할 임계치보다 작은 세그먼트를 포함하는 시스템.

## 청구항 22

제19항에 있어서, 상기 불량 기준은 내부에 절첩부를 갖는 세그먼트를 포함하는 시스템.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

#### <1> 관련 출원과의 상호 참조

<2> 본 출원은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 2007년 5월 1일 출원된 미국 가출원 제60/915,152호의 이익을 청구한다.

<3> 본 발명은 의료용 촬영에 관한 것이다. 더 구체적으로는, 본 발명은 초음파 이미지에서의 체내 구조의 에지 검출(edge detection)의 개량에 관한 것이다.

#### 배경 기술

<4> 초음파 촬영은 현재 심장과 같은 신체 내의 구조를 촬영하기 위한 기법(modality)으로서 양호하게 확립되고 있다. 예를 들면, 그 개시 내용이 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 미국 특허 제6,066,096호는 체적 측정 관 내 초음파 촬영을 위한 촬영 프로브(imaging probe)를 설명하고 있다. 환자의 신체 내부에 배치되도록 구성된 프로브는 근위(proximal) 및 원위(distal) 단부를 갖는 세장형 본체(elongated body)를 포함한다. 초음파 변환기 위상 어레이가 세장형 본체의 원위 단부로부터의 체적 측정 전방 스캐닝을 위해 초음파 에너지를 방출하고 수신하도록 위치된다. 초음파 변환기 위상 어레이는 초음파 변환기 소자에 의해 점유되는 복수의 부위를 포함한다.

#### 발명의 내용

##### 해결 하고자하는 과제

<5> 3차원 윤곽을 발견하기 위한 초음파 이미지의 분할(segmentation)은 어려운 작업을 남겨두고 있고, 이는 일반적

으로 상당한 사용자 관여(user involvement)를 필요로 한다.

### 과제 해결수단

- <6> 본 발명의 실시예는 예를 들면 최소의 사용자 관여로 자동적으로 실행될 수 있는 예를 들면 초음파 이미지 데이터와 같은 2차원 이미지 데이터의 에지 검출을 개량한다. 이들 실시예에 따른 에지 검출 방법은 분할된 에지 윤곽(segmented edge contour)의 생성을 초래하는 이미지 처리 기술을 사용하여 거의 자동으로 실행되고, 이는 이어서 3차원 재구성 및 분할에 사용될 수 있다.
- <7> 본 발명의 실시예는 이미지 상에 구조를 형성하기 위한 컴퓨터 이용 방법을 제공하고, 이 방법은 목표 구조의 이미지를 획득하고, 이미지 상의 구조 내에 시드점(seed point)을 설립하고, 이미지상에 지시되어 있는 계산된 에지를 갖는 부분적으로 처리된 이미지를 생성하기 위해 이미지 내의 에지를 검출하고, 각각의 교점에서 계산된 에지를 교차하도록 시드점으로부터 반경방향으로 복수의 광선을 확장하고, 각각의 세그먼트(segment)가 이웃하는 교점을 연결하는 초기 폐쇄 윤곽을 형성하도록 교점을 연결함으로써 실행된다. 이 방법은 또한 이미지의 관심 영역에서 변형력 구배를 계산하고, 변형된 폐쇄 윤곽을 형성하도록 변형력 구배에 응답하여 폐쇄 윤곽을 변형하고, 미리 규정된 불량(undesirability) 기준에 부합하는 변형된 폐쇄 윤곽으로부터 세그먼트를 삭제함으로써 실행된다.
- <8> 이 방법의 일 양태는 변형력 구배에 대항하는 내력을 계산하는 단계를 포함하고, 폐쇄 윤곽은 내력과 변형력 구배의 분해능(resolution)에 응답하여 변형된다.
- <9> 이 방법의 일 양태에 따르면, 이미지는 초음파 이미지이다.
- <10> 이 방법의 다른 양태는 에지 검출 단계 이전에 이미지를 평활화(smoothing)하는 단계를 포함한다.
- <11> 이 방법의 부가의 양태에 따르면, 에지 검출 단계는 캐니(Canny) 에지 검출에 의해 수행된다.
- <12> 이 방법의 또 다른 양태에 따르면, 광선은 5° 를 초과하지 않는 각 분해능(angular resolution)을 갖는다.
- <13> 이 방법의 또 다른 양태는 시드점을 향해 폐쇄 윤곽을 수축(shrinking)하는 단계를 포함한다.
- <14> 이 방법의 부가의 양태는 변형된 폐쇄 윤곽의 각각의 에지점에서 강도 구배를 계산하는 단계를 포함한다. 그 강도 구배가 미리 규정된 분할 임계치보다 작은 세그먼트가 불량 기준에 부합한다.
- <15> 이 방법의 일 양태에 따르면, 불량 기준은 내부에 절첩부(fold)를 갖는 세그먼트를 포함한다.
- <16> 본 발명의 다른 실시예는 전술된 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 소프트웨어 제품 및 장치를 제공한다.
- <17> 본 발명의 더 양호한 이해를 위해, 유사한 요소를 유사한 도면 부호로 나타내고 있는 이하의 도면과 관련하여 숙독되는 예로서의 본 발명의 상세한 설명을 참조한다.

### 효 과

- <18> 본 발명에 따르면, 최소의 사용자 관여로 자동적으로 실행될 수 있는 초음파 이미지 데이터와 같은 2차원 이미지 데이터의 에지 검출이 개량되고, 본 발명에 따른 에지 검출 방법은 분할된 에지 윤곽의 생성을 초래하는 이미지 처리 기술을 사용하여 거의 자동으로 실행되고, 3차원 재구성 및 분할에 사용될 수 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <19> 이하의 설명에서, 무수히 많은 특정 상세가 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 설명된다. 그러나, 본 발명이 이들 특정 상세 없이 실시될 수도 있다는 것이 당 기술 분야의 숙련자들에 명백할 것이다. 다른 경우에, 공지된 회로, 통상의 알고리즘 및 프로세스를 위한 컴퓨터 프로그램 명령의 제어 논리 및 상세는 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 상세히 나타내지 않고 있다.
- <20> 본 발명의 양태를 구체화하는 소프트웨어 프로그래밍 코드는 일반적으로 컴퓨터 판독 가능 매체와 같은 영구 저장 장치(storage) 내에 유지된다. 클라이언트/서버 환경에서, 이러한 소프트웨어 프로그래밍 코드는 클라이언트 또는 서버 상에 저장될 수 있다. 소프트웨어 프로그래밍 코드는 디스켓 또는 하드 드라이브 또는 CD-ROM과 같은 데이터 처리 시스템과 함께 사용하기 위한 임의의 다양한 공지의 유형 매체에서 구체화될 수 있다. 코드는 이러한 매체 상에 분배될 수 있고, 또는 이러한 다른 시스템의 사용자에게 의한 사용을 위해 일 컴퓨터 시스템의 메모리 또는 저장 장치로부터 소정의 유형의 네트워크를 거쳐 다른 컴퓨터 시스템 상의 저장 디바이스로 사

용자에 분배될 수 있다.

## <21> 시스템 개요

<22> 이제, 도면을 참조하는데, 먼저 본 발명의 개시된 실시예에 따른 살아있는 환자에 초음파 촬영을 하고 선택적으로 진단 및 치료 절차를 용이하게 하기 위한 시스템(20)의 도면인 도 1을 참조한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 환자의 심장의 카테터 삽입이 착수되고 있다. 이는 예시적인 것이고, 시스템(20)은 신체의 다수의 기관을 수반하는 다양한 절차를 위해 사용될 수도 있다. 대안적으로, 초음파 이미지는 통상의 촬영 설비를 사용하여 비침습적으로 획득될 수 있다. 시스템은 환자 내로, 여기서는 심장의 심실 및 또는 혈관 구조 내로 외과 의사에 의해 경피적으로 삽입되는 카테터(28)를 포함한다.

<23> 시스템(20)은 일반적으로 최대 6 자유도를 갖는 카테터의 3차원 소재 정보 및 방위 좌표를 측정하는 위치설정 서브시스템(positioning subsystem)을 포함한다. 본 명세서 전체에 걸쳐, 용어 "소재(location)"는 카테터의 공간적 좌표를 칭하고, 용어 "방위(orientation)"는 카테터의 각도 좌표를 칭한다. 용어 "위치(position)"는 소재 및 방위 좌표의 모두를 포함하는 카테터의 전체 위치 정보를 칭한다. 그러나, 위치설정 서브시스템에 의존하지 않고 본 명세서에 개시된 촬영 절차를 실시하는 것이 가능하다. 실제로, 몇몇 실시예에서, 위치설정 서브시스템은 생략될 수도 있다.

<24> 일 실시예에서, 위치설정 서브시스템은 카테터(28)의 위치 및 방위를 결정하는 자기 위치 트래킹(tracking) 시스템을 포함한다. 위치설정 서브시스템은 그 부근의 미리 규정된 작동 체적에 자기장을 생성하고, 카테터에서 하나 이상의 위치 센서를 사용하여 이들 자기장을 감지한다. 위치설정 서브시스템은 일반적으로 환자의 외부의 고정된 공지의 위치에 배치되어 있는 필드 발생 코일(30)과 같은 외부 방사체(radiator)의 세트를 포함한다. 코일(30)은 심장(24)의 부근에 일반적으로는 전자기장인 필드를 생성한다.

<25> 대안적인 실시예에서, 코일과 같은 카테터 내의 방사체는 환자의 신체의 외부의 센서(도시 생략)에 의해 수신되는 전자기장을 생성한다.

<26> 위치 센서는 감지된 필드에 응답하여, 카테터를 통해 콘솔(console: 34)로 연장하는 케이블(33)을 통해 위치 관련 전기 신호를 전송한다. 대안적으로, 위치 센서는 무선 링크를 통해 콘솔(34)에 신호를 전송할 수 있다. 콘솔(34)은 카테터(도시 생략) 내의 소재 센서에 의해 전송된 신호에 기초하여 카테터(28)의 소재 및 방위를 계산하는 위치설정 프로세서(36)를 포함한다. 위치설정 프로세서(36)는 일반적으로 카테터(28)로부터의 신호를 수신하고, 증폭하고, 필터링하고, 디지털화하고, 다른 방식으로 처리한다. 시스템(20)에 의해 생성된 이미지는 모니터(44) 상에 표시된다.

<27> 초음파 이미지 생성을 위해, 시스템(20)은 거의 실시간으로 표시하기 위한 초음파 이미지를 획득하기 위해, 그 개시 내용이 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 미국 특허 제6,716,166호 및 제6,773,402호에 개시된 카테터를 이용할 수 있다. 초음파 이미지는 동일한 또는 상이한 세션(session)에서 그리고 다수의 상이한 조합으로 전개 카테터의 위치의 이미지 또는 표현과 동시에 획득되거나 또는 표시될 수 있다. 이러한 카테터는 음파를 방출하고 심장 내의 에코 발생 계면(echogenic interfaces)으로부터 반사를 수신하기 위해 구성된 음향 변환기를 갖는다. 반사는 이어서 심장의 2차원 및 3차원 이미지를 구성하도록 분석된다.

<28> 시스템(20)은 초음파 촬영 카테터로서 기능할 때 카테터(28)의 초음파 변환기를 구동하는 초음파 드라이버(39)를 포함한다. 이 용도로 사용될 수 있는 적합한 초음파 드라이버의 한 예를 들면, 미국 매사추세츠주 10960 피바디 센테니얼 드라이브 8 소재의 아나로직 코퍼레이션(Analogic Corporation)에 의해 제조되는 AN2300™ 초음파 시스템이다. 초음파 드라이버(39)는 당 기술 분야에 공지되어 있는 바와 같이 B-모드, M-모드, CW 도플러(Doppler) 및 컬러 플로우(color flow) 도플러와 같은 상이한 촬영 모드를 지원할 수 있다.

<29> 시스템(20) 내에서의 이미지 처리는 범용 컴퓨터 또는 전문화 디바이스일 수 있는 컴퓨터에 의해 실행된다. 컴퓨터의 프로세스는 목표 구조의 이미지를 서술하는 이미지 데이터를 저장하는 메모리에 액세스하고, 에지 검출 및 평활화(smoothing) 프로그램을 포함하는 실행 가능 객체를 저장한다. 작업자는 모니터(44) 상의 그래픽 사용자 인터페이스를 경유하여 이미지 처리 위상과 상호 작용할 수 있다. 시스템(20)은 미국 캘리포니아주 91765 다이아몬드 바아 다이아몬드 캐년 로드 3333 소재의 바이오센스-웹스터 인코포레이티드(Biosense-Webster, Inc.)로부터 모두 입수 가능한 SOUNDSTAR™ 3차원 진단 초음파 카테터를 구비하는 CARTO™ XP EP 네비게이션 시스템 버전 V9(또는 더 높은 버전)로서 실현될 수 있다.

## <30> 동작



- <31> 이제, 본 발명의 개시된 실시예에 따른 이미지의 에지 검출 방법의 흐름도인 도 2를 참조한다. 초기 단계 50에서, 목표 체내 구조의 하나 이상의 그레이스케일( grayscale) 초음파 이미지가 예를 들면 시스템(20)(도 1)을 사용하여 획득된다. 초기 단계 50의 나머지는 작업자에 의해 대화식으로 수행된다. 작업자는 에지 검출 절차가 목표 구조에 적용되어야 하는 초음파 이미지를 식별한다. 단계 51에서, 작업자는 일반적으로 강(cavity) 또는 실(chamber)인, 이미지 처리가 적용되어야 하는 관심 구조를 임시로 지시한다. 작업자는 구조 또는 강의 중심에 "시드점"을 마킹한다. 시드점의 용도는 이하의 개시 내용으로부터 명백해질 것이다. 수동 또는 자동 임계치 검출이 작업자에 의해 선택된다.
- <32> 단계 51에서 수동 임계치 검출이 선택될 때, 단계 54에서 임계치가 작업자에 의해 선택된다. 이는 예를 들면 노이즈와 같은 이미지의 특성 및 이미지 상에 나타나는 에지 선명도의 작업자의 판단을 수반한다.
- <33> 단계 52에서 시작하는 대안적인 흐름에서, 작업자는 목표 구조 내에, 예를 들면 그 주위보다 더 초음파 투과성이 있는 해부학적 구조 또는 강 내에 완전히 포함되는 직사각형을 형성할 수 있다. 직사각형은 노이즈가 있는 구역이 예정 영역보다 디스플레이 상에서 "더 밝지(brighter)" 않으면 강 내에 가장 노이즈가 있는 구역을 포함할 수 있고, 이 경우 이들은 가능하면 배제되어야 한다. 에지 주위(perimeter)의 대부분이 이러한 노이즈가 있는 구역의 삽입에 의해 직사각형의 중심으로부터 시각(view)이 방해되지 않는 것만이 필요하다. 이 대안이 선택될 때, 자동 임계치 결정이 단계 53에서 적용된다. 직사각형의 기하학적 중심이 시드점이 되고, 직사각형에 의해 규정된 구역 내의 노이즈가 자동적으로 사용될 임계치를 결정하는데 사용된다. 이 절차의 상세는 후술된다. 일반적으로, 비교적 "노이즈가 있는(noisy)" 이미지는 선명한 콘트라스트(sharp contrast)를 갖는 이미지보다 더 높은 임계치를 필요로 한다.
- <34> 단계 55에서, 선택된 이미지는 에지 검출에 앞서 이미지 내의 노이즈를 감소시키기 위해 가우스 평활화 연산자를 사용하여 평활화된다. 가우스 평활화는 본질적으로는 2차원 가우스 함수에 의해 규정된 마스크를 사용하는 이미지 강도의 평활화이다. 이 절차는 당 기술 분야에 공지되어 있다. 평활화는  $7 \times 7$  비트 마스크에 의해 이미지를 회선(convolving)함으로써 수행될 수 있고, 이 마스크는  $\sigma=3$ 을 갖는 2차원 가우스 함수의 샘플을 포함한다. 단계 53, 및 단계 54는 도 1에 도시된 바와 같이 단계 55에서 가우스 평활화 이전에 수행될 수 있다. 대안적으로, 단계 55는 단계 53, 및 단계 54를 선행할 수 있다.
- <35> 다음, 단계 58에서, 초기 2진 에지 맵을 생성하는 프로그램이 실행된다. 프로그램은 캐니 에지 검출을 이용하여, 단계 53 또는 단계 54에서 결정된 임계치를 적용한다. 단계 53 및 단계 54에서, 임계치는 캐니 에지 검출 루틴이 직사각형 내부 또는 경우에 따라서는 시드점의 구역에서 에지를 발견하는 것을 실패할 수 있는 레벨에서 설정된다. 캐니 에지 검출은 공지되어 있고, 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 문헌 에지 검출의 계산적인 접근법(A Computational Approach to Edge Detection), 에프. 제이. 캐니(F. J. Canny), IEEE Trans PAMI, 8(6):679-698(1986년)에 설명되어 있다. 강도 구배는 전술된 캐니 문헌에 설명된 바와 같이 검출된 에지의 각각의 화소에서 계산된다. 강도 구배의 사용은 "불량한 세그먼트의 삭제"라는 표제가 붙은 섹션에서 후술된다.
- <36> 이제, 본 발명의 개시된 실시예에 따른 이미지 처리에 적합한 고정 조직으로 이루어진 고정 벽 구역(solid mural region)(59)을 도시하고 있는 심장의 부분의 통상의 2차원 초음파 이미지인 도 3을 참조한다. 이제, 본 발명의 개시된 실시예에 따라 초기 에지(60)가 결정되어 있는 도 3에 도시된 이미지에 수행된 캐니 에지 검출의 결과를 나타내는 도 4를 참조한다. 에지(60)는 심근에 대응하는 벽 구역(59)과 심실의 내부에 대응하는 내부 구역(62) 사이의 해부학적 계면에 대응하고, 도 3 및 도 4의 공통 이미지 평면에서 벽 구역(59)에 의해 부분적으로 포위되어 있다. 이 이미지에서, 캐니 에지 검출 절차에 사용되는 임계치는 단계 53 또는 단계 54(도 2)가 선택되는지 여부에 따라 자동으로 또는 수동으로 결정될 수 있다.
- <37> 도 2로 복귀하면, 단계 58에서, 일반적으로는 강의 내부 에지인 결정될 에지 또는 경계는 광선이 에지 맵의 에지를 교차할 때까지 시드점으로부터 외향으로 광선을 확장함으로써 배치된다. 광선 사이의  $5^\circ$  를 초과하지 않는 각 분해능이 만족스럽다. 이제, 본 발명의 개시된 실시예에 따라 일련의 광선(68)이 에지(69)를 교차하도록 시드점(66)으로부터 복사되는 도 4에 도시된 이미지를 도시하고 있는 도 5를 참조한다.
- <38> 도 2를 재차 참조하면, 단계 61에서, 단계 58에서 결정된 바와 같은 이웃하는 교점(이들의 각각의 광선의 각도 순서에 따름)이 자동적으로 연결되어 폐쇄 윤곽을 생성한다. 대안적으로, 에지는 작업자에 의해 수동으로 연결될 수 있다. 에지가 강 내부에 있는 것을 보장하기 위해, 폐쇄 에지는 시드점을 향해 20% 만큼 수축된다. 폐쇄 윤곽을 설립하는 상세는 이하의 표제 "초기 윤곽"에서 더 상세히 설명된다. 수축된 에지에 의해 둘러싸인 포위된 공간의 경계는 "초기 에지"라 칭한다.

- <39> 단계 61은 관심 직사각형 영역을 형성함으로써 계속되고, 일반적으로는 강인 관심 구조 및 그 주위 에지를 포함한다. 이제, 도 4 및 도 5에 도시된 구조의 이미지를 도시하고 있는 도 6을 참조한다. 폐쇄 윤곽(92)이 본 발명의 개시된 실시예에 따라 그려져서, 단계 61(도 2)에 대해 설명된 연결 작업에 대응하는 관심 실(94)을 포위한다. 선택적인 관심 직사각형 영역(104)이 도시되어 있고, 이는 실(94) 및 그 에지(90), 그리고 실제로 전체 폐쇄 윤곽(92)을 둘러싼다. 초음파 팬(fan)의 외부 광선(67)이 도시되어 있다. 관심 영역(104)은 이미지의 관련 부분만을 처리함으로써 계산 노력을 절약하는데 사용된다.
- <40> 도 2를 재차 참조하면, 다음에, 단계 64에서 거리 변환이 각각의 화소에 대해 계산된다. 관심 영역(104)(도 6)이 이용되는 실시예에서, 계산은 관심 영역(104)에 제한된다. 다르게는, 계산은 전체 이미지 또는 적어도 폐쇄 윤곽(92) 내의 영역에 적용된다. 이 변환은 화소로부터 관심 영역에서의 에지 맵 상의 에지 상의 가장 근접한 부분까지의 거리를 맵핑한다. 결과는 각각의 화소에 대한 거리 구배를 계산하는데 사용된다. 계산의 상세는 이하의 표제 "거리 변환"에서 후술된다.
- <41> 다음, 단계 70에서, 초기 에지의 변환이 동적 힘에 따른 파라미터 식을 사용하여 변환 가능 모델(종종 스네이크(snake)라 칭함)의 이론에 따라 수행된다. 변형 가능 모델은 문헌 "변형 가능 모델을 사용하는 이미지 분할(Image Segmentation Using Deformable Models)", 첸양 수(Chenyang Xu), 중 팜(Dzung Pham) 및 제리 프린스(Jerry Prince), 의료용 촬영의 핸드북—제2 권: 의료용 이미지 처리 및 분석, pp. 129-174, SPIE 출판사(2000년 5월)로부터 공지되어 있고, 이 문헌은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있다. 계산의 요약은 표제 "변형 및 보간"에서 후술된다.
- <42> 제어는 이제 판정 단계 72로 진행하고, 여기서 정지 기준이 존재하는지 여부를 판정한다. 에지의 변형은 수학적 식 2(후술됨)의 우변에서의 도함수가 0이 될 때 정지된다. 대안적으로, 알고리즘은 미리 규정된 수의 반복 후에 또는 에지의 팽창이 관찰되지 않을 때까지(먼저 발생하는 것에 따라) 정지될 수 있다. 에지의 팽창이 관찰되지 않는 경우에, 에지에 의해 포함되는 화소의 수는 증가하지 않고, 정상 상태(steady state)를 지시한다.
- <43> 판정 단계 72에서의 판정이 '아니오'이면, 제어는 단계 70으로 복귀한다.
- <44> 판정 단계 72에서의 판정이 '예'이면, 제어는 단계 74로 진행하고, 여기서 불량한 또는 실격된 세그먼트가 삭제된다. 다수의 유형의 불량한 세그먼트가 있다. 단계 74의 상세는 이하의 표제 "불량한 세그먼트의 삭제"에서 제공된다.
- <45> 제어는 이제 판정 단계 76으로 진행하고, 여기서 단계 74에서의 불량한 세그먼트의 삭제 후에 남아 있는 세그먼트가 수락 가능한 윤곽을 생성하는지가 판정된다. 이 판정은 일반적으로 작업자에 의해 이루어진다. 윤곽은 모조 세그먼트 및 갭을 정확하게 제거하기 위해 자동으로 보정될 수 있다. 대안적으로, 윤곽은 수동으로 보정될 수도 있다.
- <46> 판정 단계 76에서의 판정이 '아니오'이면, 제어는 단계 78로 진행한다. 대화식으로 수행될 때, 사용자는 프로세스를 지원하고, 결과를 편집하고, 알고리즘의 파라미터를 변경할 수 있다. 단계 78에서, 사용자는 에지 검출 임계치를 변경한다. 제어는 단계 58로 복귀하고, 여기서 에지 검출이 새로운 임계치로 반복된다.
- <47> 판정 단계 76에서의 판정이 '예'이면, 제어는 판정 단계 80으로 진행하고, 여기서 자동 에지의 보충 대화식 보정이 요구되는지가 작업자에 의해 판정된다.
- <48> 판정 단계 80에서의 판정이 '예'이면, 제어는 단계 82로 진행한다. 에지는 수동 모드에서 편집된다. 수동 모드에서, 사용자는 그래픽 연필 및 지우개를 사용하여 이미지 상에서 수동으로 에지를 보정하는 옵션을 갖는다. 이 옵션에 의해, 작업자가 단계 74의 갭 삭제 중에 부적절하게 유지된 세그먼트를 보정하거나 삭제하는 것이 가능하다.
- <49> 단계 82의 완료 후에 또는 판정 단계 80에서의 판정이 '아니오'이면, 제어는 판정 단계 84로 진행한다. 이는 지금까지 성취되어 있는 결과가 수락 가능한지 여부에 대한 판정이 이루어지는 품질 제어 단계이다.
- <50> 판정 단계 84에서의 판정이 '아니오'이면, 제어는 최종 단계 86으로 진행한다. 윤곽은 거절된다.
- <51> 판정 단계 84에서의 판정이 '예'이면, 제어는 최종 단계 88로 진행한다. 윤곽은 이제 분할되고 수락된다.
- <52> 초기 윤곽
- <53> 폐쇄 윤곽(단계 61, 도 2)이 이하와 같이 생성되는데, 시드점에 가장 근접한 교점에서 시작하여, 나머지 교점과 시드점 사이의 거리가 연속적으로 결정된다. 두 개의 연속적인 교점 사이의 시드점으로부터의 거리의 차이가



미리 결정된 임계치를 초과하면, 더 멀리 있는 교점은 무시된다. 15개의 화소가 임계치에 대해 적합한 값이다. 다음에, 가장 근접한 교점으로부터 시작하여, 지점들은 초기 에지 세그먼트를 생성하도록 선형 보간을 사용하여 연결된다. 다음에, 상쇄된 교점의 미리 규정된 길이, 현재는 35도 또는 7 광선을 초과하는 긴 시퀀스(sequence)가 잘못 상쇄된 것으로 가정된다. 스캐닝 알고리즘이 현재는 이전 임계치의 2/3인 하한 임계치를 사용하여 이들 시퀀스에 대해 반복된다. 이전에 무시된 교점이 이제 승인되면, 이들은 부가의 세그먼트를 생성하도록 연결된다. 이 절차는, 미리 규정된 값보다 큰 상쇄된 시퀀스가 없을 때까지 반복된다. 다음에, 승인된 세그먼트 사이의 모든 갭이 연결되어 폐쇄 에지 윤곽을 형성한다. 마지막으로, 에지가 강 내부에 있는 것을 보장하기 위해, 포워딩 공간이 20%만큼 체적이 감소되어, 시드점을 윤곽의 기하학적 중심으로서 유지한다.

#### <54> 거리 변환

<55> 거리 구배는 수학적 식 1에 의해 제공되어 있는 바와 같이 에지 상의 변형"력들"에 대응하고, 종종 "변형력 구배"라 칭한다. 용어 "력(또는 힘)" 및 "력들(힘들)"은 이미지 상의 구조의 윤곽 상의 구배의 영향의 크기를 지시하도록 본 명세서에서 임의로 사용된다. 다르게는, 용어는 처리되는 이미지에 대해 어떠한 물리적 의미도 갖지 않는다.

#### 수학적 식 1

<56> 
$$DF(x, y) = \nabla DI(x, y) = \left( \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} DI(x, y), \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} DI(x, y) \right)$$

<57> 계산은 이하의 방식으로 수행되는데, 먼저 유클리드 거리(Euclidian distance)가 이미지 내의 각각의 화소와 단계 61에서 규정된 폐쇄 윤곽인 초기 에지 맵 상의 가장 근접한 화소 사이에 계산된다. 이 단계는 "거리 변환"이라 칭하고 각각의 화소에 대해 최소 거리를 포함하는 거리 맵을 생성한다. 다음, 각각의 화소에 대해, 구배가 이전의 단계에서 생성되어 있는 거리 맵에 걸쳐 계산된다.

<58> 다음에, 구배는 "외력"으로서 반복적으로 적용되어, 에지 맵 내의 에지의 부분집합(일반적으로는 내부 부분집합)과 윤곽 사이의 가장 양호한 정합이 발견될 때까지 폐쇄 윤곽(92)(도 6)을 변형시킨다. 이는 일반적으로 시드점에 가장 근접한 에지의 부분집합이다.

#### <59> 변형 및 보간

<60> 변형 계산은 수학적 식 2에 나타낸다.

#### 수학적 식 2

<61> 
$$\gamma \frac{X}{t} = F_{int}(X) + F_{ext}(X)$$

<62> 여기서, X는 에지점(초기 에지로부터 시작함)의 집합이고, g는 감쇠 계수이다.  $F_{int}(X)$ 는 예를 들면 폐쇄 윤곽(92)(도 6)의 에지점 상에서 활성화되는 내부 물리력과 유사하고, 수학적 식 3을 사용하여 계산된다.

#### 수학적 식 3

<63> 
$$F_{int} = \frac{1}{s} \left( \alpha \frac{X}{s} \right) - \frac{1}{s^2} \left( \beta \frac{X^2}{s^2} \right)$$

<64> 여기서,  $\alpha$ 는 연신을 방해하고 변형된 에지가 탄성 스트링(elastic string)으로서 거동하게 하는 인장 파라미터이다.  $\beta$ 는 굽힘을 방해하고 변형된 에지가 강성 로드와 같이 거동하게 하는 강성 파라미터이다. 내력 [ $F_{int}(X)$ ]은 단계 64(도 2)에서 계산된 구배인 외력에 대항한다. 구배는 에지를 국부적으로 끌어당기고 변형하는 일반적인 효과를 갖는다. 실제 변형은 내력과 구배의 분해능에 따라 수행된다. 매 5번의 반복마다, 에지점의 너무 희박한 분포로부터 발생하는 임의의 국부적인 팽창을 배제하고 새로운 에지점을 추가하기 위해 선형 보간이 에지점에 수행된다.

<65> 불량한 세그먼트의 삭제

<66> 불량에 기준에 부합하는 에지 세그먼트는 삭제된다. 제1범주는 초음파 이미지 상에 초음파 팬의 외부 광선에 도달시키는 에지 세그먼트를 포함한다. 이들은 삭제된다. 외부 광선의 좌표는 알고리즘에 전달되기 때문에, 이는 간단히 팬의 외부의 광선에 평행하고 이에 매우 근접한 두 개의 가상의 에지를 에지 맵에 추가함으로써 이루어진다. 광선을 교차하고 가상의 에지에 부착되어 있는 모든 에지 세그먼트가 삭제된다.

<67> 다른 유형의 불량한 세그먼트는 절첩형 또는 루프형 세그먼트이다. 이러한 세그먼트는 에지를 따른 두 개의 비연속적인 점이 서로 매우 근접하게 배치될 때 검출된다. 이 절차를 위해, 이미지 상에 서로의 2 화소 내에 놓여 있지만 에지를 따라 측정될 때 적어도 5 화소 이격하여 있는 두 개의 점은 루프 또는 절첩부를 구성하는 것으로 고려된다. 이러한 경우에, 이들 두 개의 점 사이의 모든 점은 삭제된다.

<68> 마지막으로, 해부학적 갭을 표현하는 영역의 삭제를 초래하는 절차가 이미지에 적용된다. 단지 충분한 신호 대 노이즈비를 갖는 폐쇄 윤곽 상의 이들 점만이 유지된다. 최종 에지 내의 모든 화소에 대해, 캐니 에지 검출 프로그램(단계 58, 도 2)이 평활화된 원본 이미지가 이 점에서 에지에 수직인 라인에 투영되어 있는 강도 구배를 계산한다. 최종 값은 이 점에서 에지의 중요성을 위한 척도이다. 노이즈 영향을 극복하기 위해, 중요 값의 시퀀스(에지의 점의 순서에 따름)가 평활화된다. 다음, 곡선은 미리 규정된 "분할 임계치"에 따라 분할된다. 임계치를 초과하는 중요 값을 갖는 에지점은 보존되고 나머지는 삭제된다. 다음, 갭은 폐쇄 윤곽을 재형성하도록 새로운 이웃 교점을 재연결함으로써 브리징된다. 적합한 분할 임계치는 최대값의 40%이다.

<69> 이제, 본 발명의 개시된 실시예에 따른 이미지의 갭 삭제를 도시하는 일련의 도면인 도 7을 참조한다. 도 7의 상부에서, 목표 구조(112)의 폐쇄 윤곽인 뷰(110)가 관심이 있다.

<70> 시각(114)에서, 강도 구배는 목표 구조(112)의 윤곽의 각각의 점의 에지에 수직으로 계산된다. 대표적인 강도 구배는 화살표(116)로 지시되어 있다.

<71> 그래프(118)는 순서화된 화소(ordered pixel)에 대한 강도 구배의 플롯이다. 그래프(120)에서, 평활화 작업이 그래프(118)에 나타난 데이터에 적용되어 있다. 평활화는 이상 국부 값을 배제하는 효과를 갖는다. 임계치(122)가 나타나 있다. 단지 임계치(122)를 초과하는 강도 구배를 갖는 이들 지점만이 윤곽(124)으로 표현되어 있는 최종 결과에 유지된다. 배제된 점들은 간격(130, 132)에 대응하는 갭(126, 128)으로서 지시되어 있다.

<72> 본 발명은 상기에 구체적으로 나타내고 설명되어 있는 것에 한정되는 것은 아니라는 것이 당 기술 분야의 숙련자들에 의해 이해될 수 있을 것이다. 오히려, 본 발명의 범주는 전술된 다양한 특징의 조합 및 부-조합, 뿐만 아니라 상기 설명을 숙독할 때 당 기술 분야의 숙련자들에 의해 발생할 수 있는 종래 기술에는 존재하지 않았던 그 변형 및 수정을 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

<73> 도 1은 본 발명의 개시된 실시예에 따른 이미지를 얻고 처리하기 위한 시스템의 개략도.

<74> 도 2는 본 발명의 개시된 실시예에 따른 이미지의 에지 검출 방법의 흐름도.

<75> 도 3은 종래 기술에 따른 이미지 처리에 적합한 심장의 부분의 2차원 초음파 이미지.

<76> 도 4는 초기 에지가 본 발명의 개시된 실시예에 따라 결정되어 있는 도 3에 도시되어 있는 이미지에 수행된 캐니 에지 검출을 도시하는 도면.

<77> 도 5는 본 발명의 개시된 실시예에 따른 일련의 광선이 시드점으로부터 복사되고 있는 도 4에 도시된 이미지를 도시하는 도면.

<78> 도 6은 본 발명의 개시된 실시예에 따른 도 5의 이미지 상의 폐쇄된 윤곽을 도시하는 도면.

<79> 도 7은 본 발명의 개시된 실시예에 따른 이미지의 갭 삭제(gap deletion)를 도시하고 있는 일련의 도면.

<80> \* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*

<81> 20: 시스템 24: 심장

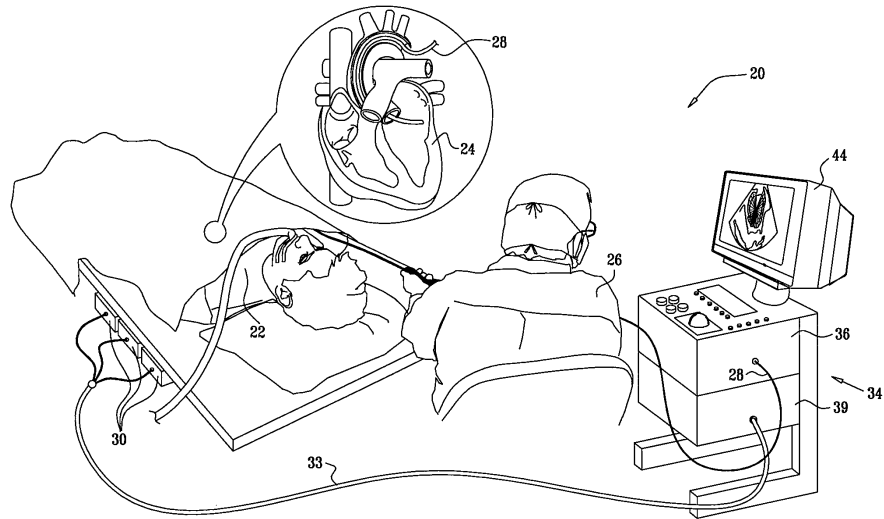
<82> 28: 카테터 30: 코일

<83> 33: 케이블 34: 콘술

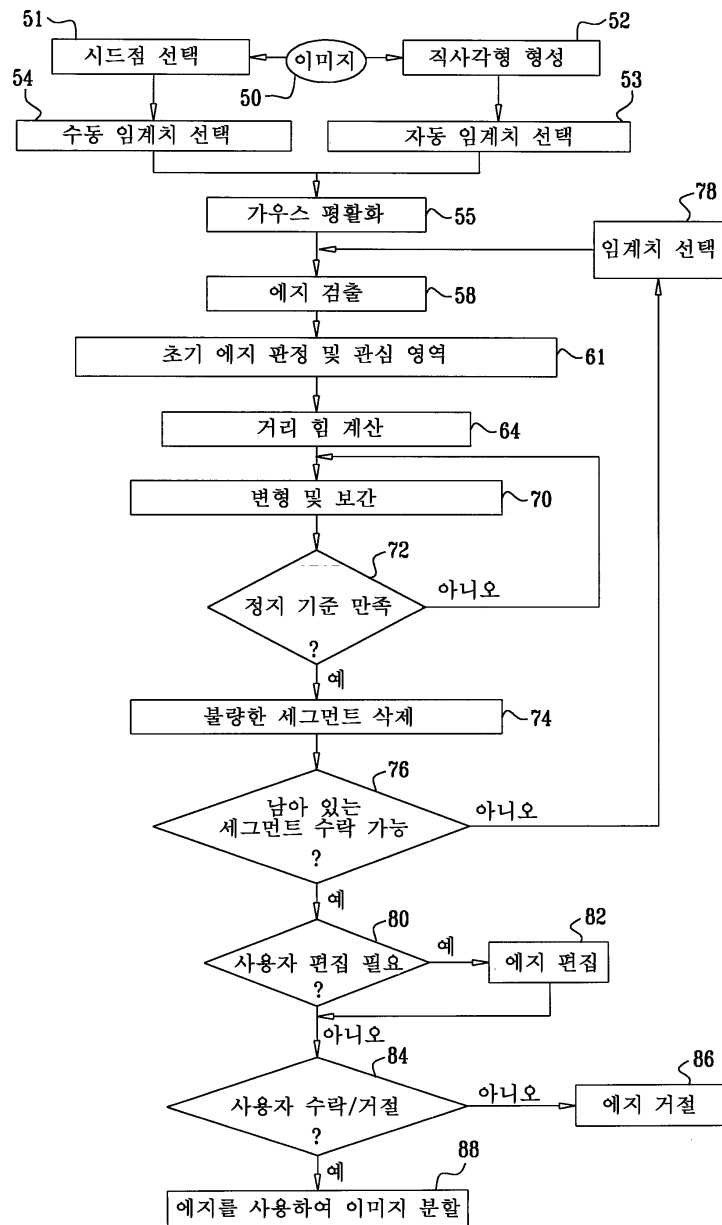
- |      |               |              |
|------|---------------|--------------|
| <84> | 36: 위치설정 프로세서 | 39: 초음파 드라이버 |
| <85> | 44: 모니터       | 60: 에지       |
| <86> | 66: 시드점       | 68: 광선       |
| <87> | 92: 폐쇄 윤곽     | 104: 관심 영역   |

도면

도면1

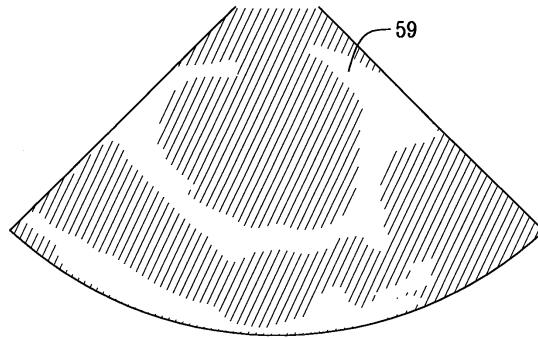


도면2

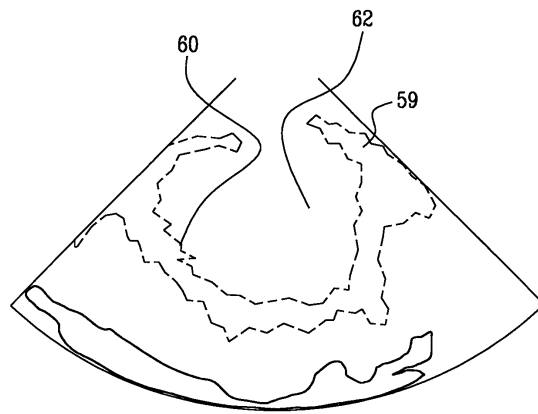


도면3

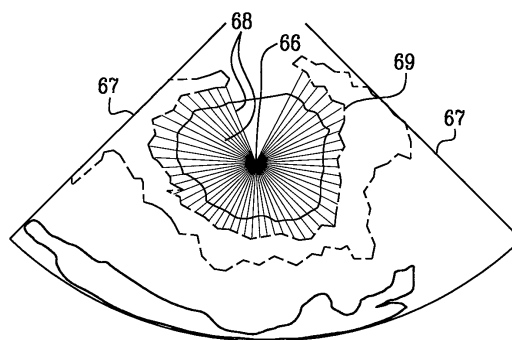
종래 기술



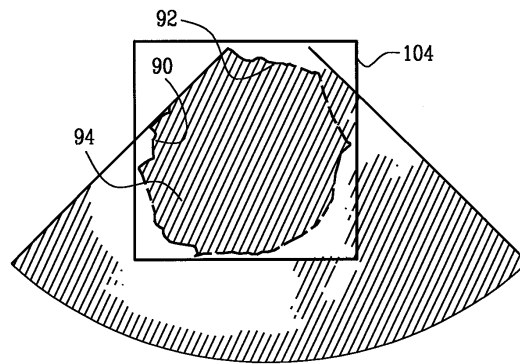
도면4



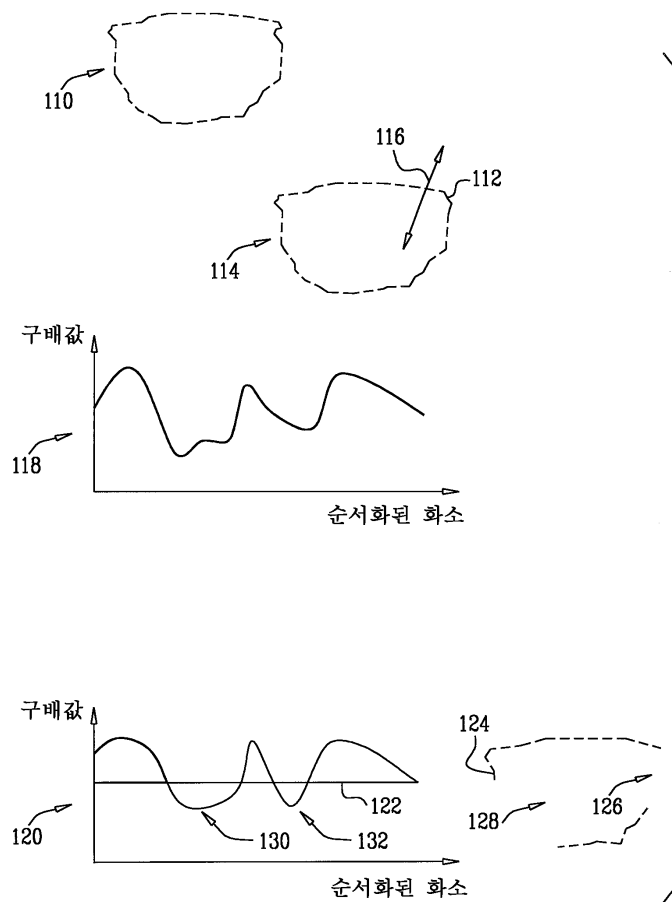
도면5



도면6



도면7





专利名称(译)	超声图像中的边缘检测		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020080097346A</a>	公开(公告)日	2008-11-05
申请号	KR1020080040218	申请日	2008-04-30
[标]申请(专利权)人(译)	韦伯斯特生物官能公司		
申请(专利权)人(译)	生物感觉韦伯斯特的鼻子的激光炮		
当前申请(专利权)人(译)	生物感觉韦伯斯特的鼻子的激光炮		
[标]发明人	ZUR DROR 주르드로르 MAYZLISH DOV 메이즐리쉬도브 PATT ZAFRIR 패트자프리르		
发明人	주르,드로르 메이즐리쉬,도브 패트,자프리르		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G06T7/0085 G06T2207/10132 G06T7/0089 G06T2207/30048 A61B8/4254 G06T7/13 G06T7/149		
代理人(译)	李昌勋		
优先权	12/028210 2008-02-08 US 60/915152 2007-05-01 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

本发明的实施例可以自动执行到最小用户的二维图像数据的边缘检测得到改善。它是使用图像处理技术自动执行的，从而导致本发明被划分为边缘轮廓的生产。随后，这可以用于3D重新配置和划分。边缘检测，边缘轮廓，种子细菌，闭合轮廓，应力梯度，超声图像。

