

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.⁷
A61B 8/06

(11) 공개번호 특2003-0081346
(43) 공개일자 2003년10월17일

(21) 출원번호	10-2003-7007671		
(22) 출원일자	2003년06월07일		
번역문 제출일자	2003년06월07일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2001/46773	(87) 국제공개번호	WO 2002/45572
(86) 국제출원출원일자	2001년12월06일	(87) 국제공개일자	2002년06월13일

(30) 우선권주장 09/731,645 2000년12월06일 미국(US)

(71) 출원인 스펀테크, 인크.
미국 워싱턴 98122 시애틀 16 애비뉴 701

(72) 발명자 뢰링마크
미국워싱턴98177시애틀노스웨스트세컨드애비뉴11609

마이아스티모시알.
미국워싱턴98290스노호미시뉴버그로드1010

(74) 대리인 이병호

심사청구 : 없음

(54) 혈류 감시 및 색전 검출을 위한 도플러 초음파 방법 및 장치

요약

혈류 감시 및 색전 검출을 위한 펄스 도플러 초음파 시스템 및 관련 방법을 개시한다. 그래픽 정보 디스플레이는 동시에 표시된 깊이-모드 디스플레이와 스펙트로그램 디스플레이를 포함한다. 상기 깊이-모드 디스플레이는 혈류가 검출되는 초음파 빔 축선을 따라 다양한 위치를 지시한다. 이러한 위치들은 하나 이상의 색조 영역으로서 지시되고, 상기 색조는 혈류의 방향을 지시하며 검출된 도플러 초음파 신호 진폭 또는 검출된 혈류 속도의 함수에 따라 강도가 변한다. 또한 상기 깊이-모드 디스플레이는 사용자에게 의해 위치가 선택될 수 있는 포인터를 포함한다. 상기 표시된 스펙트로그램은 상기 포인터에 의해 인식된 위치에 대응한다. 색전물의 검출 또한 제공된다.

대표도

도 18

색인어

혈류 감시, 색전 검출, 펄스 도플러 초음파 시스템, 그래픽 정보 디스플레이, 깊이-모드 디스플레이, 스펙트로그램 디스플레이

명세서

기술분야

본원은 현재 계류중인 1998년 11월 11일자 출원된 미국특허 출원 제09/190,402호의 일부연속 출원이다.

본 발명은 의료 감시 및 진단 절차 및 장치에 관한 것으로서, 특히 혈류를 감시하기 위한 도플러 초음파 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

도플러 초음파는 몇년 동안 혈류 속도를 측정하는데 사용되고 있다. 곳이도니 도플러 변위 현상(Doppler shift phenomenon)은, 이동타겟으로부터 반사된 초음파 신호가 초음파 빔의 방향에 평행한 타겟 속도 성분에 정비례하여 주파수 변위를 가지는 것을 나타낸다. 주파수 변위는 주어진 속도로 이동하는 어떤 물체(object)에도 동일하며, 반면 검출된 신호의 진폭은 초음파를 반사하는 이동 물체의 음향 반사도의 함수이다. 펄스 도플러 초음파 시스템은 보통 특정한 샘플 용적에서 시간의 함수로서 검출된 귀환신호 주파수(즉, 속도)의 스펙트로그램(spectrogram)을 만들어내며, 상기 스펙트로그램은 의사에 의해 환자의 혈류 특성을 결정하는데 사용된다.

또한 일부 도플러 초음파 시스템은 혈류내에서 흐르는 색전을 검출하여 특성화하는 능력을 가진다. 예를 들어 색전 검출능력을 갖는 도플러 초음파 시스템이 미국특허 제5,348,015호에 설명되어 있는데, 이 특허는 1994년 9월 20일자로 공개되어 모어링(Moehring) 등에게 허여된 발명의 명칭이 '색전을 초음파로 검출, 계수 및/또는 특성화하는 방법 및 장치'이며, 본원에서 참고로 한다. 그러한 초음파 시스템은 유익하게도 (혈관 질병 또는 기능장애의 유무 및 중요도를 검출하기 위해) 진단 테스트용으로 뿐만 아니라 (색전을 만들거나 또는 혈류를 변경/차단하는 수술 조절을 나타내기 위해) 수술 개입중에도 사용된다.

통상적으로, 초음파 장비의 사용자는 초음파 변환기 또는 프로브를 환자에게 적절히 배향시키고 배치하는 것이 어려울 뿐만 아니라, 감시해야 할 혈류가 있는 필요한 장소와 일치하는 초음파 빔을 따라 깊이를 선택하는 것이 어렵다는 것을 알고 있다. 이것은 특히, 경두개 도플러 영상(transcranial Doppler imaging: TCD)와 같은 초음파 분야에서는 사실로 나타난다. TCD에 의해 가장 흔하게 관찰되는 혈관은 중간 뇌동맥, 전방 뇌동맥, 및 후방 뇌동맥과, 척추동맥 및 뇌바닥동맥이다. 도플러 변환기는, 초음파 빔이 뇌동맥을 위한 임시 창(temporal window)을 거쳐 그리고 척추동맥 및 뇌바닥동맥을 위한 큰 구멍(foramen magnum)을 거쳐 두개골을 통과하도록 배치되어야 한다. 초음파 장비의 사용자는 이러한 특정한 창을 배치하거나 또는 특정한 창이 발견되면 초음파 프로브를 적절히 배향시키는 것이 어렵다는 것을 알고 있다.

초음파 창을 배치하는데 있어서 복잡하게 하는 요인은 필요한 혈류가 위치해 있는 적절한 깊이를 결정하는 것이다. 보통, 사용자는, 잘못된 깊이에서 정확한 방향을 찾고 있는지, 올바른 깊이에서 잘못된 방향을 찾고 있는지, 또는 초음파 창이 너무 나빠서 혈류를 전혀 인식하지 못하고 있는지 여부를 알지 못한다. 도플러 초음파 프로브의 적절한 배치 및 배향과, 깊이 변수의 적절한 세팅은 통상적으로 시행착오로 이루어진다. 이것은 도플러 초음파 장비의 사용을 불편하고 어렵게 만들 뿐만 아니라, 또한 필요한 샘플 용적이 적절하게 배치될 수 없게 되어 그에 따른 진단을 주장할 수 없거나 잠재적으로 부적절하게 할 위험을 만들어낸다.

더구나, 일부 도플러 초음파 시스템은 혈류에서 흐르는 색전을 검출 및 특성화 하는 능력을 가지더라도, 이러한 시스템은 비교적 제한된 검출능력을 가진다. 통상적으로, 종래 도플러 초음파 시스템은 하나 또는 두개의 밀접하게 이격된 샘플 게이트 위치에서 수집된 도플러 신호에 의존하며, 단지 이러한 게이트 위치를 검출하는 것으로 제한한다. 그 결과, 종래 도플러 초음파 시스템을 사용함으로써 색전 신호와 허상 신호를 구별하여 정확하게 색전을 배치하는 것이 어려운 작업인 것으로 증명되었다.

발명의 상세한 설명

본 발명에 따라, 혈류를 감시 하는 도플러 초음파와 연결된 정보 디스플레이가 제공된다. 상기 정보 디스플레이는 동시에 표시되는 2개의 그래픽 디스플레이를 포함한다. 하나의 그래픽 디스플레이는 혈류가 검출되는 초음파 빔의 축선을 따라가는 위치들을 가리키는 혈액 위치결정(locator) 디스플레이이다. 상기 혈액 위치결정 디스플레이는 하나의 선택된 위치를 향한 포인터와 같은 위치 지시기(location indicator)를 포함한다. 다른 그래픽 디스플레이는 선택된 위치에서 감시한 혈류의 속도를 가리키는 스펙트로그램이다. 혈액 위치결정 디스플레이는 혈류가 검출되는 위치에 해당하는 색조영역을 포함한다. 색조의 강도는 검출된 초음파 신호 진폭의 함수 또는 검출된 혈류 속도의 함수로서 변할 것이다.

혈액 위치결정 디스플레이는 사용자가 초음파 빔 축선을 따라서 혈류를 신속하게 위치결정하도록 허용한다. 혈액 위

치결정 디스플레이를 사용함으로써, 특별히 관심있는 혈류의 위치가 초음파 프로브의 목표를 조절하는 사용자에 의해 더욱 정밀하게 조절되어 특별히 관심있는 위치에서 더욱 큰 표시강도(displayed intensity) 또는 공간범위(spatial extent)를 만들어낼 수 있다. 다음에 사용자는 대응하는 스펙트로그램을 보기 위해 포인터의 위치를 선택할 수 있다. 또한, 사용자는 동시에 표시된 2개의 그래픽 디스플레이를 사용하여 혈관에서 지속하는 디스플레이에서의 임시 또는 다른 변화를 검출함으로써 특정한 혈관의 위치를 결정한다.

여러가지 연산 부분들로 구성되는 색전 이벤트 검출 방법이 포함된다. 상기 검출방법은 효과적인 색전 검출을 위한 모든 연산부분 보다 적게 포함할 수 있다. 연산부분은 초음파 빔 축선을 따라가는 복수의 시간주기 및 위치들의 각각에 대해 수집하여 검출된 도플러 초음파 전력(power)로부터 각각의 배경 전력을 감산하고(subtract), 감산된 수집 운동정보로부터 속도 임계값 이하의 검출된 속도를 갖는 운동정보를 제거하고, 수집된 운동정보의 결과가 색전 이벤트의 발생과 일치하는지 여부를 결정하기 위해 복수의 이진 특성화 테스트(binary characterization test)를 실행하고, 이진 특성화 테스트의 결과를 검토하여 색전 이벤트의 잘못된 포지티브 증명(positive identification)을 식별해 내는 것을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 제1 도플러 초음파 시스템 디스플레이 모드를 도시하는 그래프.
- 도 2는 도 1의 디스플레이 모드를 준비하는데 사용되는 속도 및 신호 전력 변수를 도시하는 그래프.
- 도 3은 도 1의 디스플레이 모드의 다른 실시예를 준비하는데 사용되는 속도 및 신호 전력 변수를 도시하는 그래프.
- 도 4는 도 1의 디스플레이 모드의 다른 실시예를 색조로 도시한 도면.
- 도 5는 폐 동맥을 식별하기 위해 도 4의 디스플레이 모드를 사용하는 그래프.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 제2 도플러 초음파 시스템 디스플레이 모드를 도시하는 그래프.
- 도 7은 도 6의 디스플레이 모드의 두개의 관찰을 색조로 도시한 도면.
- 도 8은 도 1에 도시된 디스플레이 모드로서 허상 신호로부터 색전 신호를 도시하여 구별하는 그래프.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 도플러 초음파 시스템의 기능 블록도.
- 도 10 및 11은 도 9의 도플러 초음파 시스템에 포함된 펄스 도플러 신호 처리 회로망의 특별한 세부를 도시한 기능 블록도.
- 도 12 내지 도 18은 도 10 및 11의 펄스 도플러 신호 처리 회로망에 의해 실행되는 특정 작업을 도시하는 공정 흐름도.

실시예

아래에서는 정상치로부터 혈류역학적으로(hemodynamically) 중요한 편차를 검출하여 미세색전 신호의 발생을 위한 혈류를 평가하기 위해 혈액 속도를 측정하는 것과 관련하여, 사용자에게 도플러 초음파 정보를 제공하는 신규한 방법 및 장치를 설명하고 있다. 그러나, 당업자는, 본 발명이 이러한 특별한 세부사항이 없어도 실시할 수 있다는 것을 명백히 이해할 것이다. 다른 경우에, 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 공지된 회로, 제어신호, 타이밍 프로토콜 및 소프트웨어 작업들은 상세히 설명되지 않는다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 도플러 초음파 정보의 제1 디스플레이 모드를 도시하는 그래프이다. 상기 제1 디스플레이 모드는 에이밍모드(Aiming mode:100)라고 언급하며, 2개의 독립된 초음파 디스플레이가 사용자에게 제공된다. 깊이모드 디스플레이(102)는 혈류가 초음파 빔 축선(수직축)을 따라서 다양한 깊이에서 초음파 프로브에서 멀어지거나 접근하는 것을 시간 함수(수평축)로서 색조로 나타내고 있다.

깊이모드 디스플레이(102)는 색조영역(104,106)을 포함한다. 영역(104)은 대체로 적색이고, 특정한 깊이 범위에서 프로브를 향해 나아가는 속도성분을 갖는 혈류를 나타낸다. 영역(106)은 대체로 청색이며, 특정한 깊이 범위에서 프로브에서 멀어지는 속도성분을 갖는 혈류를 나타낸다. 적색 및 청색 영역들은 균일한 색조가 아니며, 적색의 강도는

복귀한 도플러 초음파 신호의 검출 강도의 함수로서 변한다. 기술에 숙련된 자는 그러한 디스플레이가 종래 색조 M-모드 디스플레이 즉, 적색 및 청색 색조의 변화가 검출된 혈류 속도의 변화와 관련되어 있는 디스플레이와 유사하다는 것을 이해할 것이다. 그러나, 그러한 M-모드 디스플레이는 스펙트로그램과 동시에 사용되지 않고, 혈류의 위치를 결정하여 스펙트로그램에 입력하며 이로부터 진단 결정을 하게 되는 특정한 적용을 사용하지 않고 있다.

에이밍모드(100) 역시, 도 1이 심장수축-심장확장 특성 패턴을 보여주는 속도 엔벨로프를 도시하고 있는 표시된 스펙트로그램(108)을 포함한다. 깊이모드 디스플레이(102)와 유사하게, 스펙트로그램(108)은 복귀 초음파 신호의 검출 강도의 함수로서 강도가 변하는 색을 가진 속도 엔벨로프내의 데이터 지점(도시안됨)을 포함한다. 스펙트로그램(108)이 적용하고 있는 특정한 샘플 용적은 깊이 지시기 또는 포인터(109)에 의해 깊이모드 디스플레이(102)에서 나타난 깊이에 있다. 이러한 방법으로, 초음파 시스템의 사용자는 편리하게 스펙트로그램(108)을 보며 측정하고자 하는 어느 부위의 특정한 깊이를 선택할 수 있다. 깊이모드 디스플레이(102)는 의미있는 스펙트로그램을 얻을 수 있는 적절한 깊이의 범위에 관한 정보를 쉽고 편리하게 제공한다.

전술한 바와 같이, 영역(104,106)의 색조 강도는 복귀 초음파 신호의 검출 강도의 함수로서 변하는 것이 바람직하다. 도 2에서, 그러한 색조 강도가 어떻게 정해지는지 그래픽 도면이 보여주고 있다. 위조 정보가 표시되지 않도록 하기 위해, 강하지만 느린 속도(조직 운동으로 인한 것과 같은)의 신호는 무시되며 도 1의 깊이모드 디스플레이(102)에서 표시되지 않는다. 이것은 클러터 필터링(clutter filtering)이라고 하며, 도 2에서 포지티브 및 네거티브 속도를 위한 임계 크기 클러터 차단한계(threshold magnitude clutter cutoff limit)로서 도시되어 있다. 유사하게, 소음과 관련된 저전력 신호도 역시 무시되며 도 1의 깊이모드 디스플레이(102)에서 표시되지 않는다. 사용자는 전력 범위값을 선택함으로써 색조강도 맵핑을 위한 전력 상한계를 결정할 수 있다. 그때 최대 전력을 초과한 신호가 무시되며, 다른 클러터 필터링이 심장 환경에서 혈류를 감시할 때 특히 도움을 준다. 기술에 숙련된 자는 다른 필터링 기술이, 델타 변조기 또는 다른 적절하게 구성된 필터링 기술을 포함하여 깊이모드 디스플레이 영상을 개선하는데 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

깊이모드 디스플레이(102)의 현재의 양호한 실시예가 신호 강도의 함수로서 색조강도 맵핑과 또한 프로브를 향하거나 멀어지는 유동방향에 따른 적색 또는 청색을 사용하는 반면, 기술에 숙련된 자는 검출속도의 함수로서 색조강도를 대신 사용할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 그러한 경우, 도 3에 도시한 바와 같이, 색조강도는 클러터 차단 크기로부터, 펄스 반복 주파수(PRF)의 절반에 해당하는 최대 속도 크기까지 변한다. 소음 임계값 미만 또는 선택된 전력 상한계를 초과한 전력을 갖는 검출된 신호는 무시된다. 도 4는 영역(104,106)의 색조강도가 검출속도의 함수로서 변하고 있는 에이밍모드 디스플레이(100)를 도시하는 색조 도면이다. 깊이모드 디스플레이(102)와 스펙트로그램(108)은 둘 다 동일한 시간축에 대해 표시되며, 깊이모드 디스플레이는 심장이 박동할 때 동일한 주기를 갖는 공간범위 및 색조 강도에서의 변화를 나타낸다. 기술에 숙련된 자는, 색조강도가 신호 진폭의 단독으로 변하거나 또는 속도함수의 단독으로 변하는 대신에, 신호진폭 및 속도 양쪽의 함수로서 색조강도를 유익하게 변화시킬 수 있다는 것을 이해할 것이다.

도 1에 특별히 도시된 깊이모드 디스플레이(102)는 신호의 뚜렷한 적색영역(104) 및 신호의 뚜렷한 청색영역(106)의 간략한 표시를 보여준다. 기술에 숙련된 자는 색조영역의 개수 및 특성이 초음파 프로브의 배치 및 배향에 따라 변한다는 것을 이해할 것이다. 실제로, 특성적 깊이모드 디스플레이의 카탈로그를 제공함으로써 사용자가 특별히 필요한 혈관이 실제로 위치해 있는지 여부를 결정하는데 도움을 줄 수 있다. 사용자가 필요한 혈관을 위한 특성적 깊이모드 디스플레이를 발견하면, 사용자는 그 때 스펙트로그램(108)을 측정하기 위한 어느 부위의 깊이를 편리하게 결정할 수 있다.

에이밍모드(100)는 사용자가 경두개 혈류를 검출할 수 있도록 두개골을 통해 초음파 창에 인접하게 하듯이 초음파 프로브를 신속하게 배치할 수 있게 한다. 신호 진폭의 색조 표시의 사용은 특히 이러한 목적에 유용하며, 이는 강한 신호가 양호한 프로브 위치 및 배향을 나타내기 때문이다. 유동속도의 색조 표시의 사용은, 혈류 속도가 혈관 단면에 걸쳐 크게 변하는 경우를 제외하면, 유익하지 않다. 그러나, 적절히 이동하는 조직 부근에서 혈류를 감시하려고 시도할 때(예를 들어, 클러터 차단속도를 초과한 심장운동), 유동속도의 색조 표시가 바람직하다.

도 5에서, 에이밍모드(100)가 폐동맥 또는 대퇴부 정맥과 같이 특별한 혈관을 식별하는 것과 관련되어 사용되는 것이 도시되어 있다. 이 경우, 유동 속도의 색조 표시는 이러한 특별한 혈관에서 혈류 속도의 높은 변화 때문에 깊이모드 디스플레이(102)에서 유익하게 사용된다. 깊이모드 디스플레이(102) 및 대응하는 스펙트로그램(108)에서 임시 변화를 관찰함으로써, 사용자는 다음과 같이 폐동맥의 최적 위치를 식별할 수 있다: (1) 폐동맥의 깊이모드 디스플레이가 심장이 박동할 때 동일한 주기성을 갖는 청색으로 된다; (2) 청색 영역이 통상적으로 4 내지 9cm 깊이에 있을 것이다; (3) 시간축을 따라 청색 신호가 피크 속도에 대응하여 심장수축의 중간에 비교적 진하게 될 것이다; (4) 신호가 깊이모드 디스플레이에서 가장 큰 수직범위를 가질 것이며, 이것은 사용자가 폐동맥의 가장 긴 부분이 심장수축중에 초음파 빔과 일치하게 정렬되도록 프로브를 배치하였다는 것을 나타낸다. 사용자는 이후 표시된 스펙트로그램(108)에 대한 게이트 깊이 및 클러터 필터(clutter filter) 파라미터와 같은 다른 파라미터를 조절할 수 있다.

에이밍(aiming) 모드(100)는 또한 사용자에게 펄스 도플러 샘플 게이트의 깊이를 어디로 세팅할 지를 나타내며, 따라서 스펙트로그램(108)은 소정의 혈류 신호로부터 도플러 변위를 처리한다. 임상적으로 주요 관심사항은, 사용자로 하여금 특정 혈류와 관련한 파라미터를 관측 및 측정할 수 있게 하고 그 혈류의 혈행역학적으로(hemodynamically) 상당한 편차를 제시할 수도 있는 정보를 제공하는, 스펙트로그램(108)이다. 깊이-모드 디스플레이(102) 및 대응 선택 스펙트로그램(108)과 함께, 사용자에게 표시되는 정보는 또한 통상적으로, 평균 피크 수축 속도, 평균 확장 말기 속도, 박동 지수, 및 시간에 따른 평균 피크 수축 속도의 상대적 변화와 같은 스펙트로그램 관련한 공지의 수치적 파라미터를 포함한다. 당업자라면 EKG- 또는 EEG 관련 정보와 같은, 다른 감시 장치에 의해 제공되는 데이터를 포함하는, 다른 파라미터 및 디스플레이 또한 제공될 수 있음을 알 것이다.

도 1의 에이밍 모드 디스플레이(100)는 특히 도플러 초음파 프로브(probe)를 배치 및 배향하는데 있어서, 그리고 우선 스펙트로그램(108)을 측정하기 위한 깊이를 선택하는데 있어서 유용하다. 프로브 배치 및 배향 그리고 범위 게이트 선택에 이어서, 사용자는 통상 임상적으로 가치있는 스펙트로그램(108)을 강조하는 정보 디스플레이를 갖게 된다. 도 6을 참조하면, 스펙트럼 모드(110)로 지칭되는 제 2 디스플레이 모드가 도시되어 있다. 이 모드에서, 스펙트로그램(108)은 보다 넓은 표시 영역을 차지한다. 전체 깊이-모드 디스플레이(102) 대신에, 압축 깊이-모드 디스플레이(112)가 제공된다. 이 압축 깊이-모드 디스플레이(112)는 스펙트로그램(108)이 취해지는 샘플 체적의 깊이 및 이 샘플 체적내에서 혈류가 프로브에 대해 근접 및 이격하는 상태와 관련한 정보를 단축된 시간 스케일로 제공한다. 따라서, 사용자는 지속적으로 소망 샘플 체적 깊이 및 관련 혈류에 관한 정보를 받게 된다. 이로 인해 프로브 운동으로 인한 혈류에 대한 소망 샘플 체적의 위치 변화를 신속하게 이해하고 보상할 수 있다. 이는 또한 초음파 시스템의 사용자가 임상적으로 중요한 스펙트로그램(108)에 상당한 주의를 집중하면서도 샘플 체적 깊이를 미세하게 조정할 수 있게 한다.

도 7은 스펙트럼 모드(110)의 두가지 다른 색상의 도시도를 나타낸다. 하나의 도시도에서, 압축 깊이-모드 디스플레이(112)에서의 포인터(109)에 의해 표시된 선택된 깊이는 혈액이 흐르는 위치가 아니며, 따라서 표시된 스펙트로그램(108)에서는 혈류 신호가 존재하지 않는다. 다른 도시도에서, 포인터(109)에 의해 표시된 선택된 깊이는 혈류와 일치하지 않으며, 대응 스펙트로그램(108)이 표시된다. 도 7에 도시된 특정 실시예에 있어서, 영역(104)의 색상 농도는 검출된 속도의 함수로서 변화하며, 혈관 단면에 걸친 혈액 속도의 변화, 초음파 빔 축에 대한 검출된 혈류 정렬의 깊이에 따른 변화, 또는 이들 양자에 관련될 수 있는 특성 칼라 변화를 도시한다.

당업자라면 도 1, 4, 6, 7에 도시된 진단 정보 디스플레이에 의해 제공되는 중요한 장점들을 인식할 것이다. 표시되는 스펙트로그램(108) 자체가 새롭지는 않지만, B-모드 성능을 갖지 않는 작금의 펄스 도플러 초음파 시스템은 초음파 프로브를 성공적으로 신뢰성있게 배치 및 배향하고 관심 대상의 혈류 검출하기 위한 적절한 샘플 체적 깊이를 결정하는 수단이 결여되어 있다. 또한, 혈류 방향 및 속도 또는 신호 크기를 칼라 M-모드 디스플레이에서와 같이 색조로 나타내는 것이 당업계에 공지되어 있지만, 그러한 디스플레이들은 초음파 프로브를 조준하거나 동시 스펙트로그램 분석을 위한 특정 샘플 체적 깊이를 선택하는데 있어서 사용되지 않는다.

도 8을 참조하면, 깊이-모드 디스플레이(102)와 스펙트로그램(108)을 동시에 나타내게 되면 색전(embolic) 신호를 검출하고 이러한 신호들을 비색전 인공물(artifact)과 구별하기 위한 중요한 정보를 제공할 수 있다. 도 8은 세가지 이벤트, A, B, C를 나타낸다. 이벤트 A의 경우에, 깊이-모드 디스플레이(102)는 다른 시간에 다른 깊이로 발생하는, 고강도 신호와 같은 비수직 경사를 갖는 특히 높은 강도의 신호를 나타낸다. 이벤트 A의 경우에, 상기 신호는 착색 혈류 영역(104, 106)중 한 영역의 경계내에만 존재한다. 스펙트로그램(108)에서는, 심박동 사이클내에서 짧은 시간적 영역에 최대 유속에 의해 한정되는 상이한 속도를 갖는 것을 알 수 있다. 이벤트 A는 선택된 샘플 체적 근처의 혈류 영역을 통과하는 색전의 강력한 증거이다.

이벤트 B는 색전의 다른 유사 후보이다. 이 경우, 깊이-모드 디스플레이(102)에 도시된 고강도 신호는 비수직형이지만, 피가 흐르는 깊이 범위 내에서만 나타나지는 않는다. 이 신호가 충분히 강하고 및/또는 깊이-모드 디스플레이(102)에서 혈류 주변의 외부에 나타나도록 길고 충분한 후방 산란을 갖지만, 스펙트로그램 디스플레이(108)는 여전히 색전과 관련한 특정 고강도 일과성 신호를 표시한다. 이벤트 B는 또한 색전의 증거이지만, 아마도 이벤트 A 관련 색전과는 본질적으로 상이한 색전일 것이다. 다양한 색전의 특정 신호 특성이 깊이-모드 디스플레이에서 완전히 탐구되지 않는더라도, 이벤트 A와 B 간의 구별은 상이한 색전 형태일 것이다. 예를 들어, 이벤트 A는 입자상 색전과 연관될 수 있으며, 이벤트 B는 기체상 색전과 연관될 수 있고, 기포의 상이한 음향학적 특성은 도시된 혈류 주변의 외부에서 특히 긴 후방 산란 신호와 발생 모양을 초래한다.

이벤트 C는 프로브 움직임이나 기타 비색전 이벤트와 연관되거나 그렇지 않은 인공물이다. 이벤트 C는 깊이-모드 디스플레이(102)에서 수직선으로 나타나는 바, 이는 모든 깊이 위치에서 정확히 동시에 프로브 움직임이나 기타 인공물과 관련한 특성과 정확히 동시에 고강도 신호가 검출됨을 의미한다. 마찬가지로, 스펙트로그램 디스플레이(108)에 표시되는 고강도 신호는 정밀하게 동시에(포지티브 및 네거티브 속도와 최대 혈류 속도를 초과하는 속도를 포함하는) 광범위한 속도에 검출되는 고강도 신호를 나타내는 수직선이다. 이때, 이벤트(C)는 인공물 신호로서 쉽게 특성화되고, 자연 상태의 색전은 아니다.

당업자들은 깊이 모드 디스플레이(102)와 스펙트로그램(108)의 동시 디스플레이는 원하는 샘플 볼륨을 위치 결정하기 위한 편리한 수단을 제공할 뿐만 아니라, 아마도 상이한 색전 신호들을 특성화하기 위해서도 인공물 신호들로부터 색전 신호들을 구별하기 위한 특히 유용한 기술을 제공한다는 것을 이해하게 된다. 이와 같은 색전 검출 및 특성화는 조작자에 의해 쉽게 관찰되나, 초음파 장치에 의해 자동으로 수행 및 기록될 수도 있다.

자동 색전 검출은 동시에 혈류 내의 2 개 이상의 샘플 게이트들에서 활동을 관찰함으로써 제공된다. 이 시스템은 2 개의 상이한 검출 가설들간을 구별한다:

- (1) 신호가 색전되면, 상이한 시간들의 연속 상에서 복수의 샘플 게이트들에 그 자체를 제공하게 된다.
- (2) 신호가 프로브 모션 인공물이면, 복수의 샘플 게이트들에 동시에 그 자체를 제공하게 된다.

이 2 개의 가설들은 상호 배타적이고, 선언된 색전인 이벤트들은, '도플러 마이크로색전 신호들의 기본 식별 기준(Basic Identification Criteria of Doppler Microembolic signals)'(예컨대, Stroke, vol 26, p.1123, 1995 참조)을 통과하고 상이한 샘플 게이트들에서 색전 신호의 (시간 연속 분석 또는 다른 적절한 기술에 의한) 연속적인 검출이 상이한 시점들에서 행해지고 시간 지연이 혈류의 방향과 일치하는지를 확인한 후, 그와 같이 행해진다. 혈류 바깥쪽으로 하나 이상의 샘플 게이트들에서의 활동을 또한 관찰함으로써 인공물 신호들로부터의 색전의 구별이 또한 확인될 수 있다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 초음파 시스템(150)을 나타내는 기능 블록도이다. 초음파 시스템(150)은 디스플레이 인터페이스 커넥터(154)를 통해 집적된 평면 패널 디스플레이(152) 또는 다른 원하는 디스플레이 포맷 상에 도 1-8을 참조하여 위에서 설명된 각종 디스플레이 모드들을 생성한다. 도플러 초음파 시스템(150)의 신호 처리 코어는 마스터 펄스 도플러 회로(156) 및 슬레이브 펄스 도플러 회로(158)이다. 도플러 프로브들(160)은 프로브 스위칭 회로(162)에 의해 다른 시스템 구성 요소들과 접속된다. 프로브 스위칭 회로(162)는 예컨대 프로브 케이블들에 사용된 엔코딩 저항기들의 검출에 의해 또는 다른 종래의 프로브 타입 검출에 의해 존재 검출 기능 및 각종 프로브들간의 구별 능력을 제공한다. 마스터 및 슬레이브 펄스 도플러 회로들(156,158)을 제공함으로써, 2 개의 별개의 초음파 프로브들(160)이 사용될 수 있고, 이에 의해 (뇌의 동맥들에서 혈액 속도의 양면적 트랜스크래니얼 측정과 같은) 단면적 또는 양면적 초음파 감지 능력이 제공된다. 마스터 및 슬레이브 펄스 도플러 회로들(156,158)은 각각의 프로브들(160)에 의해 검출된 초음파 신호들을 수신하고, 상세히 후술되는 바와 같이 신호 및 데이터 처리 동작들을 수행한다. 이때, 데이터는 데이터 기억 및 디스플레이를 제공하는 범용 호스트 컴퓨터(164)로 전송된다. 적절한 호스트 컴퓨터(164)는, 적절하게 적응된 컴퓨터 시스템들 중의 어떤 컴퓨터 시스템이라도 사용될 수는 있지만, 디스플레이, 키보드, 내부 하드 디스크 및 외부 기억 제어기들을 가지고 있는 200 MHz 펜티엄 프로세서 기반 시스템이다.

초음파 시스템(150)은 대안의 매체를 통한 기억 또는 출력을 위한 오디오 라인들(168)을 통해서 뿐만 아니라 오디오 스피커들(166)을 통한 도플러 오디오 출력 신호들을 제공할 수도 있다. 초음파 시스템(150)은 또한 사용자에게 의한 청취가능 정보 입력의 수신을 위한 마이크로폰(170)을 포함한다. 이때, 이 정보는 음성 라인(172)을 통해 외부 기억 또는 재생을 위해 출력될 수 있다. 사용자는 주로 호스트 컴퓨터(164)와 접속된 키보드 또는 다른 원격 입력 제어 유닛(174)을 통해 초음파 시스템(150)과 인터페이스한다.

도 10 및 도 11은 마스터 및 슬레이브 펄스 도플러 회로들(156,158)의 특별한 상세 내용을 나타낸다. 도 10 및 도 11이 유사한 회로 구조들 및 상호 접속들을 나타낸다는 점에서, 이들은 일단 두 도면에 사용된 동일 참조 번호들을 가지고 설명된다. 도 10은 또한 마이크로폰(170), 스피커들(166) 및 오디오 출력 라인들(168,172)을 통한 초음파 시스템(150)에 대한 오디오 정보의 입력 및 출력에 관한 상세 내용을 나타내며, 그 동작들은 마스터 펄스 도플러 회로(156)에 의해 제어된다.

트랜스듀서 입/출력단에서, 펄스 도플러 회로들(156,158)의 각각은 타이밍 및 제어 회로(176)의 제어 하에서 동작하는 송/수신 스위치 회로(175)를 포함한다(동작들의 특정 타이밍은 마스터 펄스 도플러 회로(156)의 타이밍 및 제어 회로(176)에 의해 제어됨). 타이밍 및 제어 회로(176)는 또한 도플러 프로브들(160)(도 9 참조)이 초음파를 방출할 수 있도록 하는 출력 구동 신호를 제공하는 송신 회로(178)의 동작을 제어한다. 타이밍 및 제어 회로(176)는 또한 수신기 회로(182)에 의해 송/수신 스위치(175)에 접속된 아날로그/디지털 변환기 회로(180)를 제어한다. 회로들(175-182)의 기능 및 동작은 당업자에게 잘 알려져 있고, 더 설명될 필요가 없다.

펄스 도플러 회로들(156, 158)의 주 신호 처리 기능들은 4 개의 디지털 신호 처리기들(P1-P4)에 의해 수행된다. P1은 전단부에 있고, 아날로그/디지털 변환기 회로(180) 및 데이터 버퍼 회로 또는 FIFO(186)를 통해 수신기(182)로부터 디지털화된 트랜스듀서 데이터를 수신한다. P4는 후단부에 있고, 최종 디스플레이 준비와 같은 보다 높은 레벨 작업들을 수행한다. 본 발명에 따라 실질적으로 동일한 기능들을 수행하기 위해 다른 디지털 신호 처리 회로들이 사용될 수도 있지만, P1용의 적절한 디지털 신호 처리기는 텍사스 인스트루먼트 TMS320LC549 인티저(integer) 프로세서이고, P2-P4용의 적절한 디지털 신호 처리기들은 텍사스 인스트루먼트 TMS32C31 플로팅 포인트 처리기들이다.

수신된 초음파 신호들은 먼저 디지털 신호 처리기(P1)에 의해 처리되고, 다음에 디지털 신호 처리기들(P2,P3,P4)의 신호 처리 파이프라인을 통과한다. 상세히 후술되는 바와 같이, 디지털 신호 처리기(P1)는 수신된 디지털 데이터로부터 쿼드러처 벡터들을 구성하고, 필터링 동작들을 수행하며, 33 개의 상이한 범위의 게이트 위치들과 연관된 도플러 변위 신호들을 출력한다. 디지털 신호 처리기(P2)는 모든 게이트 깊이들에서 클러터 제거를 수행한다. 디지털 신호 처리기(P3)는 자동상관, 위상 및 전력 계산들을 포함해서 다양한 계산들을 수행한다. P3는 또한 스테레오 오디오 출력에 쿼드러처 데이터의 준비를 제공한다. 디지털 신호 처리기(P4)는 스펙트로그램 엔벨로프의 계산, 심장 수축 검출을 포함해서 스펙트로그램 디스플레이와 연관된 계산들의 대부분을 수행하고, 또한 타이밍 디스플레이의 준비와 연관된 최종 계산들을 준비한다.

디지털 신호 처리기(P1-P4)의 각각은 호스트 버스(187)를 통해 호스트 컴퓨터(164)(도 9 참조)와 접속되고, 대응 FIFO들(188(1)-188(4))과 같은 데이터 버퍼 회로를 제어한다. 이 버퍼 회로는 디지털 신호 처리기(P1-P4)의 초기화 및 프로그램 로딩 뿐만 아니라, 디지털 신호 처리기들(P1-P4)과 호스트 컴퓨터간의 다른 동작 통신들을 허용한다. 디지털 신호 처리기들(P2-P4)의 각각은 연관된 고속 메모리 또는 SRAM(190(2)-190(4))와 접속되고, 연관된 신호 처리기들용의 프로그램 및 데이터 메모리들로서 기능하게 한다. 도 10 또는 11의 특별히 도시된 신호 처리열에서, 디지털 신호 처리기(P1)는 충분한 내부 메모리를 가지고 있고, 외부 프로그램 및 데이터 메모리는 제공될 필요가 없다. 하나의 디지털 신호 처리기로부터 다음의 디지털 신호 처리기로의 데이터 전송은 데이터 버퍼 또는 FIFO 회로(192(2)-192(4))를 개입시킴으로써 제공된다. 디지털 신호 처리기(P4)에 의해 처리된 초음파 데이터는 듀얼 포트 SRAM(194)과 같은 데이터 버퍼 회로를 통해 호스트 컴퓨터(164)에 제공된다.

도 10을 참조하면, 마스터 펄스 도플러 회로(156)의 디지털 신호 처리기(P4)는 또한 마이크로폰(170)을 통해 오디오 입력을 처리할 뿐만 아니라, 스피커(166) 및 오디오 출력 라인들(168,172)에의 오디오 출력 신호들의 제공을 제어한다. P4는 마스터 및 슬레이브 펄스 도플러 회로들(156,158)로부터 오디오 신호들을 수신하는 오디오 제어 회로(196)의 동작들을 제어함으로써 오디오 출력 신호들을 제어한다.

도 12 내지 도 16에 도시된 처리 흐름도를 참조하면, 마스터 및 슬레이브 펄스 도플러 회로들(156, 158) 모두에 포함된 디지털 신호 처리기들(P1 내지 P2) 각각에 의해 수행되는 동작들의 상세한 설명이 제공된다. 본 발명의 본 실시예를 개시하기 위해 특정의 상세한 연산들 및 수치 정보가 제공되지만, 이 기술분야에 숙련된 사람들은 이러한 세부내용이 예시적인 것이며 본 발명의 다른 실시예들에서도 필요한 것이 아니라는 것을 알 것이다.

도 12를 참조하면, 디지털 신호 처리기(P1)의 동작은 다음과 같다.

1. 원시 데이터의 디지털화. $A(A:N)$ 판독, 입력 A/D로부터 일련의 N개의 14비트 값. 이 값들은 4X 도플러 반송 주파수(8MHz)에서 변환되고 송신 버스트의 시작과 동시에 개시한다. 도플러 펄스 반복 주파수(PRF)가 8kHz이면 $N=1000$ 이고, 도플러 PRF가 6.25kHz이면 $N=1280$ 이며, 도플러 PRF가 5kHz이면 $N=1600$ 이다.
2. 직교 벡터 구성. 규칙 $Br(1:N/4) = A(A:4:N-3) - A(3:4:N-1)$, $Bi(1:N/4) = A(2:4:N-2) - A(4:4:N)$ 에 따라 각각 N/4 포인트들을 갖는 2개의 벡터들을 구성한다. Br과 Bi는 일련의 N/4의 상이한 게이트 깊이들에 대한 디지털적으로 복조된 직교 도플러 값들이다. 여기서, 뉘셈은 데이터로부터 DC 바이어스를 제거하는 것이다.
3. 저역 통과 필터 계수. Br 및 Bi는 반송 주파수와 같은 대역폭 내에 DC에 집중된 주파수들을 포함하며, 도플러 송신 버스트의 대역폭 밖에서 잡음을 제거하기 위해 더 필터링될 필요는 없다. 이 저역 통과 필터링을 달성하기 위한 계수들은 MATLAB와 같은 표준 디지털 필터 디자인 소프트웨어에 따라 35차 저역 통과 FIR 필터를 생성함으로써 결정된다. 이 필터의 정규화된 컷오프는 $2/(T \cdot fs)$ 이며, 여기서, T는 송신 버스트의 시간 구간이고, fs는 Br 및 Bi (2MHz) 데이터의 샘플 레이트이다. 이 필터 C(1:35)를 호출한다. 이 필터의 계수들은 사용자에게 의해 송신 버스트 길이가 변경됨에 따라 가변하고, 그에 따라 필터 계수들의 여러 개의 상이한 세트들의 뱅크가 메모리에 저장된다.
4. 인덱스 어레이. 33 범위의 게이트 위치들로부터의 데이터가 처리되어 P2로 전달된다. 그래픽 디스플레이를 용이하게 하기 위해, 이 범위의 게이트 위치들은 2mm 떨어져 있도록 선택된다. 그러나, 직교 벡터들(Br, Bi)은 2mm 떨어져 있는 원소들을 포함하지 않는다(이들은 .385mm 떨어져 있다). 따라서, Br 및 Bi를 1mm 샘플링 증분으로 데시메이트하는 수단에 의해, 2mm의 배수에 가장 가까운 값들에 대응하는 Br 및 Bi 어레이들로의 인덱스들이 사용된다. 이것은 8kHz PRF에 대한 깊이 22:86에 대응하는 인덱스들(D1(A:33) 및 6.25kHz 및 5kHz PRF들에 대한 더 깊은 또는 대응하는 깊이 범위를 갖는 인덱스들(D2(1:33), D3(1:33))의 미리 저장된 어레이를 가짐으로써 행해진다.
5. 저역 통과 필터 및 직교 데이터의 데시메이션. Br 및 Bi 어레이들은 저역 통과 필터링되어 이하 규칙들에 의해 33 게이트들로 데시메이트된다($\langle a, b \rangle$ 는 벡터들(a, b)의 32비트 누산 정수 도트 적(accumulated integer dot product)이다).

8kHz PRF:

$$Er(j) = \langle C, Br(D1(j) + (-10:10)) \rangle$$

$$Ei(j) = \langle C, Bi(D1(j) + (-10:10)) \rangle, \text{ and } j=1:33.$$

6.25kHz PRF:

$$Er(j) = \langle C, Br(D2(j) + (-10:10)) \rangle$$

$$Ei(j) = \langle C, Bi(D2(j) + (-10:10)) \rangle, \text{ and } j=1:33.$$

5kHz PRF:

$$Er(j) = \langle C, Br(D3(j) + (-10:10)) \rangle$$

$$Ei(j) = \langle C, Bi(D3(j) + (-10:10)) \rangle, \text{ and } j=1:33.$$

6. P2로의 전달 결과. Er 및 Ei(다 합하여 66개의 값들)는 약 2mm 떨어져 있는 64개의 상이한 샘플 게이트들의 세트에 대해 1 펄스 반복 주기 동안 도플러 변위 데이터를 포함한다. 이 어레이들은 각각 새로운 송신 버스트와 함께 P2로 전달된다.

도 13을 참조하면, 디지털 신호 처리기(P2)의 동작은 다음과 같다.

1. 입력 데이터 누산. 부동 소수점 매트릭스들(Fr, Fi) 내에서, 8ms의 기간에 걸쳐 P1로부터 M Er 및 Ei 벡터들의 버퍼를 수집한다. [8,6.25,5]kHz의 PRF들에서, 매트릭스들(Fr, Fi) 각각은 $M=[64,50,40]$ 벡터들을 포함할 것이다. 그 각각의 목적지들에서의 j번째 Er 및 Ei 벡터들은 $Fr(1:33, j)$ 및 $Fi(1:33, j)$ (이들은 컬럼 벡터들임)로 표시된다. M 수집 벡터들에 걸친 k번째 게이트 깊이는 $Fr(k,1:M)$ 및 $Fi(k,1:M)$ (이들은 로우 벡터들임)로 인덱스된다.
2. '선택된' 게이트 깊이에서의 원시 데이터의 보존. 도플러 스펙트로그램이 처리되는 사용자-선택 게이트 깊이(k)에서 원시 데이터를 개별 버퍼에 확보해 둔다. 이 로우 벡터 데이터($Gr(1:M)=Fr(k,1:M)$ 및 $Gi(1:M)=Fi(k,1:M)$)는 P3으로 전달되고, 궁극적으로는 기록용 호스트에 전달된다.
3. 클러터 소거. Fr 및 Fi의 각 로우에 4차 클러터(clutter) 소거 필터를 적용한다. $Hr(1:33,1:M)$ 및 $Hi(1:33,1:M)$ 은 필터링된 $Fr(1:33,1:M)$ 및 $Fi(1:33,1:M)$ 데이터의 목적 매트릭스들이다. 연속성을 갖는 이러한 필터의 적용은 상태 변수들 및 몇몇 이전 Fr, Fi 값들을 유지할 것을 필요로 한다. 클러터 필터의 계수들은 25Hz의 증분으로 0 내지 600Hz의 컷오프 주파수들의 사용자 선택에 따라 가변할 것이다. 이 계수들은 처리기 RAM 내 룩업 테이블에 의해 이용가능하며 상기 옵션들로부터 사용자 선택이 주어진다.

4. P3으로의 전달 결과

Gr, Gi, Hr 및 Hi는 추가 처리를 위해 P3으로 전달된다.

도 14를 참조하면, 디지털 신호 처리기(P3)의 동작은 다음과 같다.

1. 입력 데이터 누산. P2로부터 Gr, Gi, Hr 및 Hi를 수신한다.
2. 자동 상관 연산. 시간에 걸쳐 각 게이트에서 데이터의 자동 상관의 제 1 래그(lag)를 연산한다. 이 연산에서는 각 게이트에서 모든 M 값들을 사용한다. 이것은 33개의 복소수 값들의 어레이를 각 게이트당 하나씩 생성한다. k번째 게이트 깊이에 대해서, $P=Hr(k,1:M)+jHi(k,1:M)$ 이라고 하자. 그러면, 이 깊이에 대한 제 1 래그 자동 상관은 $AC(k)=\langle P(1:M-1), P(2:M) \rangle$ 이다. (복소수 값들에 도트 적에서, 제 2 벡터가 켈레임을 유념해야 한다. 또한, 이것 및 P2, P3, 또는 P4에서의 모든 도트 적들은 부동 소수점 연산임을 유념해야 한다). 이러한 방식으로, 복소수 벡터 $AC(1:33)$ 를 구성한다.
3. 각 AC 값에 대한 위상 연산. 각 자동 상관 값에 대하여, 복소수 값의 위상을 결정하기 위해 4개의 사분면 아크탄젠트 룩업을 사용한다. 구체적으로, $ANGLE(k)=\arctan(\text{imag}(AC(k)), \text{real}(AC(k)))$ 이다. $ANGLE(k)$ 는 게이트 깊이 k에서의 평균 유속(the mean flow velocity)에 비례한다.
4. 색전 특성화(embolus characterization) 능력이 인에이블되면, 이 방법은 도 16과 관련하여 이하 설명되는 서브루틴으로 라우팅된다.

5. 파워 연산. 신호 전력을 연산한다. 이 연산에서는 각 게이트에서 모든 M 값들을 사용한다. 이것은 33개의 실수값들의 어레이를 각 게이트당 하나씩 생성한다. K번째 게이트 깊이에 대해서, $P=Hr(k,1:M)+jHi(k,1:M)$ 이라고 하자. 그러면, 이 깊이에 대한 전력은 $POWER(k)=\langle P(1:M), P(1:M) \rangle$ 이다(복소수 값들의 도트 적에서 제 2 벡터가 켤레임을 유념해야 한다). 이러한 방식으로, 실수 벡터 $POWER(1:33)$ 을 구성한다.

6. 로그 압축 전력. POWER를 데시벨로 변환한다. $POWERd(1:33)=10*\text{LOG}_{10}(POWER(1:33))$.

7. 색전 검출을 위한 전력 트레이스 연산. 4개의 프리셋 게이트 깊이들에 대해서(하나의 사용자가 선택한 깊이이고, 다른 세 개는 그에 따라 계산됨), 윈도우의 M개의 상이한 위치들에서 60 포인트 이동 윈도우로부터 전력을 계산한다.

특정 데이터 깊이에서의 일부 데이터 히스토리는 매 8 밀리초마다 새로운 데이터 스플링으로부터의 간섭없이 이러한 계산을 유지하도록 요구될 것이다. 특히, 게이트 n 에 대해, $POWER_TRACEn(i)=[Hr(n,i-59:i)+jHi(n,i-59:i), Hr(n,i-59:i)+jHi(n,i-59:i)]$. 3 전력 트레이스들은 블러드 플로우 내에 위치한 샘플값을 포함하는 영역으로부터 취해지며, 제4 전력 트레이스는 블러드 플로우 외부 샘플값으로부터 취해진다.

8. 오디오 출력 준비에 사용하기 위한 복합 밴드패스 필터

스펙트로그램의 사용자 특정 스펙트럼 언래핑에 기인한 최소 및 최대 주파수들은 스펙트로그램 디스플레이상에 나타 내려는 것과 적합한 오디오 출력 사운드를 제공하기 위한 복합 밴드패스를 결정하는데 사용된다. 예컨대, 언래핑이 $[-1,7]\text{kHz}$ 에서 발생한다면, 오디오 복합 밴드패스 필터는 -1kHz 및 $+7\text{kHz}$ 에서 에지들을 갖는다. 상이한 언래핑 범위들에 대응하는 몇몇 셋의 복합 밴드패스 필터 계수들의 뱅크가 오프라인에 발생되어 메모리에 배치된다. 각각의 계수 셋은 사용자가 제공할 수 있는 언래핑 선택들 중 한 선택에 대응한다. 필터 계수들의 작용 셋은 $UWa(1:0)$ 및 $UWb(1:0)$ 라고 칭하고, 여기서 0은 필터 차수 플러스 1이다.

9. 오디오 출력 준비 : 리샘플

사용자에 의해 선택된 게이트 깊이 k 에서, 도플러 변위 신호들이 오디오 스피커들 밖으로 재생될 것이다. 그러한 재생 전, 오디오 신호의 일부 프리핑은 사용자 선택 특정 언래핑을 매칭하는데 중요하다. 각각의 어레이를 제로로 다중화하여 오디오 신호 $Hr(k,1:M)$ 및 $Hi(k,1:M)$ 를 두배로 리샘플링한다: $Qr(k,1:2M)=\{Hr(k,1), 0, Hr(k,2), 0, Hr(k,3), 0, \dots, Hr(k,M), 0\}$ 및 $Qi(k,1:2M)=\{Hi(k,1), 0, Hi(k,2), 0, Hi(k,3), 0, \dots, Hi(k,M), 0\}$.

10. 오디오 출력 준비: 복합 밴드패스

데이터를 제로들로 다중화하여 유도도니 엑스트라 이미지들을 제거하기 위해 복합 밴드패스 필터를 $Qr+jQi$ 를 적용:

$$R(n)=UWb(1)*Q(n)+UWb(2)*Q(n-1)+\dots+UWb(0)*Q(n-0+1)-Uwa(2)*R(n-1)-Uwa(3)*R(n-2)+\dots+Uwa(0)*Q(n-0+1)$$

여기서, $Q(k)=Qr(k)+jQi(k)$.

11. 오디오 출력 준비: 힐버트 변환

시퀀스 $R(n)$ 에서의 오디오 데이터는 직각 포맷이며, 조작자에게 재생하기 위해 스테레오 좌우측으로 변환될 필요가 있다. 이러한 것은 힐버트 변환으로 수행되며, 95 포인트 변환, $H(1:95)$ 가 이러한 작업에 이용되고, 계수는 MATLAB 와 같은 표준 신호 처리 소프트웨어나 문헌내의 수식에 의해 얻어질 수 있다. 데이터 시퀀스에 힐버트 변환을 적용하는 것은 FIR 필터로서 수행된다. $R(n)$ 으로부터의 스테레오 분리 신호들 RL 및 RR의 구성은 $[RL=\text{힐버트}(Rr)+\text{디스플레이}(Ri), RR=\text{힐버트}(Rr)-\text{디스플레이}(Ri)]$ 에 따라 수행되며, 여기서, 지연은 R의 가상 성분의 $(Nh+1)/2$ 스텝 지연이 되며, Nh는 힐버트 필터(95)의 사이즈가 된다.

12. 다음 처리를 위해 $Gr, Gi, ANGLE, POWERd, POWER_TRACE1, POWER_TRACE2, POWER_TRACE3, POWER_TRACE4, Rr, Ri, RL$ 및 RR 을 P4 로 패스.

도 15를 참조하면, 디지털 신호 프로세서 P4의 동작은 다음과 같다:

1. 입력 데이터 축적.

P3로부터 $Gr, Gi, ANGLE, POWERd, POWER_TRACE1, POWER_TRACE2, POWER_TRACE3, POWER_TRACE4, Rr, Ri, RL$ 및 RR 를 수신.

2. 스펙트로그램 계산.

다음의 단계를 통해 전력 스펙트럼 계산:

a) 합하여 128 포인트가 되도록, $R_r + jR_i$ 시퀀스의 새로운 포인트들을 기존의 포인트들과 연쇄시키고, b) 128 포인트 하닝 윈도우에 대해 128 포인트를 곱하고, c) P , 128 포인트 시퀀스의 FFT 를 계산하고, d) $P_d = 10 \cdot \log_{10}(P)$ 를 계산하고, e) DC 가 그 중심이 되도록 P_d 시퀀스를 FFT변위.

3. 엔벨로프.

최대 주파수 팔로워 또는 '엔벨로프' 함수 $E(j)$ 를 계산, 이는 스펙트로그램내 플로우 신호들의 상위 에지들을 나타낸다. 이러한 것은 0 내지 63 간의 정수이며, FFT 로 인덱스된다- 즉, 매 스펙트럼 라인 계산에 대해, E 의 한 값이 있다. 당업자는 이러한 계산을 위한 다양한 알고리즘이 있다는 것을 알것이다.

4. 심장수축 검출.

최대 주파수 팔로워에 기초하여, 심장수축의 개시를 검출한다. 심장수축 개시가 결정되면, $SYSTOLE_FLAG = TRUE$ 를 설정한다. 또한, 엔드 심장 확장 속도값 V_{END} , 피크 심장 수축 속도값 V_{PEAK} , 및 평균 속도 V_{MEAN} 를 계산한다.

5. 조준 디스플레이 준비.

다음의 단계들을 통하여 조준 디스플레이를 준비한다: a) 전력 어레이에서 사용자에게 의해 설정된 '조준 노이즈' 의 값을 감하고: $POWERd2 = POWERd_aim_noise$, b) 사용자에게 의해 설정된 '조준 범위' 파라미터의 값으로 분할된 64 팩터(칼라 새이드 수)로 $POWERd2$ 를 곱하고- $POWERd3 = POWERd2 \cdot 64 / aim_range$, c) 하위 단부상의 0 및 상위 단부상의 63에서 그 결과적 전력 데이터를 클립- 이제 상기한 값은 64-값 레드 또는 블루 칼라 테이블의 엔트리들에 대응, 그 결과를 어레이 $POWERd4$ 로 배치, 및 d) 관련 $ANGLE$ 값이 '필터 컷오프 파라미터' 보다 큰지의 여부, 절대 값에서 상기 필터 컷오프 파라미터 보다 작은지의 여부, 또는 상기 필터 컷오프 파라미터의 네가티브 보다 작은지의 여부 각각에 따라서, 각각의 전력 값을 1,0 또는 -1로 곱함. 이러한 것은 $[-64, +63]$ 범위의 64 값(게이트 깊이 당 하나)의 결과가 된다. 이러한 수정된 조준 어레이 $POWERd5$ 는 호스트 컴퓨터로 전송 후 디스플레이된다.

6. 스펙트로그램 디스플레이 준비.

다음의 단계들을 통해 스펙트로그램 디스플레이를 준비: a) 어레이 $P_d - Pd2 = P_d - spectral_noise$ 로부터 사용자 선택 노이즈 플로어 파라미터를 감하고, b) 사용자 특정 다이내믹 범위에 걸쳐 256 칼라를 포함하도록 스펙트럼 데이터를 리스케일하고- $pd3 = pd2 \cdot 256 / spectral_range$, c) 데이터를 정수값 0 내지 255 이 되도록 절단/클립하고- $Pd4 = \min(255, \text{floor}(pd3))$, d) 데이터를 8비트로 절단- $Pd5 = 8\text{bit truncate}(Pd4)$.

7. 오디오 출력.

어레이들 RR 및 RL , 우측 및 좌측 스피커 오디오 출력을 포트 라이트를 통해 스피커들로 전송.

8. 입력 마이크로폰.

입력 마이크로폰 포트로부터 벡터 MIC 로 M 값들을 샘플(M 은 8ms 기간내의 전송 플러스 반복의 #).

9. 색전물 검출: BACKGROUND POWER IN POWER TRACES.

4 전력 트레이스들 각각에 대해, 네개의 사전 설정 게이트 깊이들에 대응하는 $POWER_TRACE1, \dots, POWER_TRACE4$ 가 배경 전력 레벨을 계산. $POWER_TRACE_n$ 이 M 값들을 포함하는 것을 리콜, 여기서 M 은 8ms 기간내의 전송 플러스 반복의 #. 배경 전력 값은 각 트레이스에 대한 델타-팔로워에 의해 얻어지며, $\delta 1, \delta 2, \delta 3$ 및 $\delta 4$ 로 표시됨.

$\delta 1_{new} = \delta 1_{old} + \Delta$, 여기서, $\Delta = \text{sign}(\delta 1_{old} - \text{mean}(POWER_TRACE1)) \cdot 0.1\text{dB}$.

$\delta 2_{new} = \delta 2_{old} + \Delta$, 여기서, $\Delta = \text{sign}(\delta 2_{old} - \text{mean}(POWER_TRACE1)) \cdot 0.1\text{dB}$.

$\delta 3_{new} = \delta 3_{old} + \Delta$, 여기서, $\Delta = \text{sign}(\delta 3_{old} - \text{mean}(POWER_TRACE1)) \cdot 0.1\text{dB}$.

$\delta 4_{new} = \delta 4_{old} + \Delta$, 여기서, $\Delta = \text{sign}(\delta 4_{old} - \text{mean}(\text{POWER_TRACE1})) * 0.1\text{dB}$.

배경값의 이러한 갱신은 매 M 파원 값 또는 에서 한번 수행된다.

10. 색전물 검출: PARABOLIC FIT.

포물선 피트 알고리즘을 전력 트레이스 각 게이트에 적용하여 8ms 기간 동안 이벤트가 발생되는지를 판정한다. 이러한 피트는 최대 1ms 만큼 공간 이격되어 연 속적인 데이터 윈도우들에 적용되어야한다. 포물선 피트가 요면이고, 6 dB(임의의 임계값) 만큼 게이트 깊이에 대해 배경 전력을 초과하는 피크를 갖는다면 이벤트 검출.

11. 색전물 검출: 시간 결정. 임의의 단일 게이트 이벤트들에 대해, 상기 이벤트의 최대 전력의 한 측상의 -6dB 지점들 사이에 전력 트레이스를 분석함으로써 상기 이벤트의 정확한 시간을 계산.

12. 색전물 검출: 고레벨 계산. 다음의 조건들이 사실인 경우, 그 결과 검출=사실로 설정: a) 블러드 플로우(blood flow)의 근처에 3개의 게이트들 중 인접한 적어도 2개가 40ms 시간 윈도우 내에서 이벤트들을 나타내고, b) 상기 블러드 플로우 바깥의 게이트는 어떠한 검출도 나타내지 않고, c) 이벤트들의 타이밍은 블러드 플로우의 방향에서 프로그레션(progression)을 나타낸다(즉, 색전물은 스위밍 업스트림(swimming upstream)이 아니다).

13. 추가적인 프로세싱을 위해 호스트로 Gg, Gi, POWERd5, Pd5, SYSTOLE_FLAG, VEND, VMEAN, VPEAK, MIC, 및 DETECTION을 통과시킨다.

도 16을 참조로 하면, 디지털 신호 프로세서 P3의 색전물 특성화 서브루틴 동작들은 다음과 같다:

4A. $H_r + jH_i$ 의 행렬 요소 크기들을 계산:

$$H_{mag}(1:64, 1:M) = 10 * \log_{10}(H_r.^2 + H_i.^2).$$

4B. 레퍼런스 배경 전력 레벨 P_b 계산.

$H_{mean} = \text{sum}(\text{sum}(H_{mag}(1:64, 1:M))) / (64 * M)$. 만약 $P_b \text{OLD} > H_{mean}$ 이면 $P_b = P_b \text{OLD} - 0.1\text{dB}$, 그렇지 않으면 $P_b = P_b \text{OLD} + 0.1\text{dB}$. (이것은 배경 전력 레벨의 델타 폴로워(delta follower)이다.)

4C. 특성화에서 사용될 상수들인 R_1 및 R_2 의 결정. T_1 =밀리초에서의 전송 버스트 길이. T_2 =밀리초에서의 펄스 반복 주기. $H_k(1:64)$ 의 요소들은 깊이 1mm씩 증가하여 부가된다. 그 결과, $mm = c * T_1 / 2$ 에서 R_1 =축 해상도(axial resolution), 여기서 $c = 1.54\text{mm/microsecond}$, $R_2 = 2 * R_1$. 예를 들어, 2MHz 캐리어 4D. 주파수에서의 20 사이클 전송 버스트는 $R_1 = 7.2\text{mm}$ 를 갖고, 여기서 $R_2 = 14.4\text{mm}$ 이다. $H_{mag}(1:64, 1:M)$ 의 각각의 열을 검사하고, 인접한 세크먼트에서 각각의 요소가 $P_b + X\text{dB}$ (예로서, $X=3$) 보다 더 크도록 데이터의 가장 긴 인접한 세크먼트를 결정함으로써 색전물 서명 검출. 보다 자세하게는, $H_k(1:64) = H_{mag}(1:64, k)$ 로 함. 만약 $i_1 \leq i \leq i_2$ 인 경우 $H_k(i) > P_b + X$ 이도록 인덱스들 $H_k(i_1:i_2)$ 을 개시 및 종료함으로써 한정된 H_k 내의 가장 긴 시퀀스를 배치함. 이러한 시퀀스의 길이는 포물선과 $H_k(i_1:i_2)$ 의 제 1 3개의 지점들을 부합시킴으로써 결정되고, 여기서 포물선은 P_b 의 세로좌표를 가로지른다. 상기 포물선이 $y = P_b$ 와 교차하지 않는 경우, $z_1 = i_1$ 이다. 유사하게는, $H_k(i_1:i_2)$ 의 마지막 3개 지점들은 포물선과 부합되고, z_2 개 배치된다. 포물선이 선 $y = P_b$ 와 교차하지 않는 경우, $H_k(i_1:i_2)$ 의 길이는 $z_2 - z_1$ 이다. $z_2 - z_1 < R_1$ 인 경우, 색전물은 존재하지 않는다. $R_1 < z_2 - z_1 < R_2$ 인 경우, 파티클레이트(particulate)가 존재한다. $z_2 - z_1 > R_2$ 인 경우, 버블이 존재한다.

4E. P4에 따라 이러한 정보를 통과시킨다. 색전물이 검출된 것에 P4가 동의하는 경우, 특성화 정보가 부가된다.

이전에 상술된 바와 같은 색전물 검출 및 특성화의 방법 이외에, 도플러 초음파 시스템이, 이하 기술될 도 17 및 도 18에 예시되는 바와 같이, 색전물 검출의 대안적인 방법들 수행하도록 프로그램될 수 있다.

이전에 상술된 바와 같이, 종래 도플러 초음파 장치들에서의 색전물 검출은 통상적으로, 하나 또는 2개의 깊이 게이트들에서 샘플링된 도플러 서명에 의존한다. 결과적으로, 색전물 검출 기능이 보다 제한된다. 그러나, 본 발명의 실시예들에서, 색전은 깊이 모드 디스플레이(102)에서 깊이들을 범위를 통해 트래킹될 수 있고, 시간에 따라 깊이들의 범위를 트래킹하는 그들의 서명에 기초하여 카운트 및 기록될 수 있다. 결과적으로, 본 발명의 색전물 검출을 위한 방법은 인공물 신호로부터 색전 서명을 적극적으로 구별하는 보다 많은 강제적인 인수(argument)를 사용자에게 제공한다.

도 17 및 도 18에 예시된 색전물 검출 및 방법은 4개의 알고리즘부들에 일반적으로 기술될 수 있다. 도 17 및 도 18이, 이하 보다 상세히 기술되는 바와 같이, 모두 4개의 알고리즘부들을 포함하는 바와 같이 이하 기술될 것이지만, 효

과적인 색전물 검출은 또한 모두 4개의 알고리즘부 이하를 갖는 색전물 검출 방법에 의해서도 달성될 수 있다. 추가적으로, 색전물 검출은 소프트웨어 프로그래밍 또는 도플러 초음파 시스템 설계를 통해, 또는 대안적으로 디스플레이된 정보의 시각적인 관찰에 의해 자동적으로 이루어질 수 있다. 색전물 검출 알고리즘의 제 1 부분은 각각의 게이트 깊이에서 상대적으로 일정한 도플러 전력을 나타내는 일시적이지 않은 신호들을 제거한다. 이러한 유형들의 신호들의 예는 횡두개 도플러 애플리케이션(transcranial Doppler application)에서 검출되는 대뇌의 블러드 플로우이다. 일시적이지 않은 신호들은 m 모드 이미지를 포함하는 각각의 깊이에서 배경 전력의 트랙을 유지하고, 전력에서 오직 일시적인 변동만이 남아있도록 이러한 배경 레벨을 감하는 프로세스를 통해 제거된다. 이러한 남아있는 일시적인 신호들은 통상적으로, 색전 이벤트들 또는 기대되지 않은 클러터(clutter)나, 모션 인공물들이다.

제 2 부분은 깊이 모드 디스플레이(102)로부터 낮은 속도 클러터 신호들을 제거한다. 단일 게이트 펄스 도플러에 기초하는 색전물 검출을 갖는 도플러 초음파 시스템들에서 잘못된 포지티브 식별을 야기할 수 있는 낮은 속도 클러터 인공물 신호들의 예들로는 도플러 변환기에 동축 및 반대축의 헤드 탭(head tap)들, 헤드의 전방 및 후방의 헤드 탭들, 및 조 클렌치(jaw chench)들이 있다. 그러나, 본 발명의 실시예들에서, 이전에 상술된 바와 같은 모션 인공물 신호들은 속도 문턱값 보다 적은 속도들을 갖는 신호들을 필터링함으로써 제거된다. 마이크로색전와는 다른 모션 인공물들은 포지티브 및 네거티브 도플러 변위 주파수들 양자를 스패닝(span)하는 광대역 도플러 주파수 서명들을 갖는다. 이것은 제로 또는 제로 근처(속도 문턱값 이하)에서의 평균 속도를 결과로 나타낸다. 따라서, 속도 문턱값 보다 작은 속도들을 갖는 필터링 신호들은 색전 성질들에 대해 테스트될 신호들의 세트로부터 인공물들을 효율적으로 제거할 수 있다. 결과적으로, 대부분의 부분들에 대한 모션 인공물들은, 색전 이벤트들이 높은 콘트라스트와 나타나는 동안 흑백 배경로 복귀한다. 신호들을 제거하기 위한 속도 문턱값은 다양한 값들로 설정될 수 있지만, 7 cm/s(dir 200Hz 도플러 변위) 또는 그 이하의 속도 문턱값을 설정하는 것은 횡두개 도플러에 충분한 결과들을 제공한다.

색전물 검출 알고리즘의 제 3 부분은, '후보' 이벤트가 색전물과 일치하는 방식으로 동작하는 지의 여부를 마이크로색전의 선천적 물리적인 이해로부터 결정 단계에 목표를 둔 질문들의 배터리를 리뷰하는 단계로 구성된다. 그러한 테스트의 예들은 다음을 포함한다.: (1) (2 m/s 또는 그 이하의 속도) 각각이 4 ms로 8mm를 초과하지 않는 증가들로 색전물이 이동하는가?(즉, 색전물이 보다 높은 알려진 블러드 속도들에 가까이 머물고, 이러한 관계에 대해 맵을 점프 오프(jump off)하지 않는가?) (2) 색전물의 3개의 일시적인 관찰들의 어떠한 그룹에서, 색전물이 균일하게 변환기를 향해 또는 변환기로부터 떨어져 이동하는가? 테스트들의 전체 배터리가 긍정적인 경우, 상기 이벤트는 라벨링된 색전(labeled embolic)이다. 많은 서로 다른 의문들이 테스트들의 배터리에 포함될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 결과적으로, 현재 알려지거나 후에 전개될 테스트들의 포함 또는 생략은 본 발명의 관점을 제한하지 않아야 한다.

제 4 알고리즘부는 인공물 신호들을 추가로 배제하기 위한 부가적인 동작들을 수행함으로써 높은 특이성을 갖는 색전 이벤트들을 플래깅(flag)하도록 행해진다. 특정 예들은 지속기간이 200ms를 초과하는 신호들을 배제하고, 알려진 인공물에 가깝게 근접하여 검출된 후보 이벤트들을 무시하는 것을 포함한다. 색전 및 인공물들 각각이 드문 이벤트들이기 때문에, 가까운 일시적인 근접에서 발생하는 그것들의 기회들이 낮게 간주된다. 이러한 부가적인 테스트들이 통과되는 경우, 후보 이벤트는 색전 이벤트로서 라벨링되고, 사용자에게 보고된다.

상기 4개의 단계들이 이제부터 보다 상세히 기술될 것이다. 제 1 및 제 2 단계들이 도 17에서 예시되고, 제 3 및 제 4 단계들이 도 18에서 예시된다. 당업자는, 이러한 기술이 8 kHz의 펄스 반복 주파수를 이용하지만, 다른 PRF들이 또한 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 소정의 색전 검출 활동 전에, 모든 깊이들에서의 도플러 전력 및 모든 깊이들에서의 도플러 변위 주파수(예를 들어, 속도)는 준비 단계들로서 색전 검출을 위해 계산된다.

제 0 및 제 1 로그 자동상관 기술이 전력 및 속도의 계산을 위해 본 실시예에서 이용되고 있지만, 본 기술의 숙련된 자는 더 높은 순위 자동-회귀 이동 평균(ARMA) 파라메트릭한 모듈들을 데이터에 인가하는 것처럼, 다른 차량들이 이용될 수도 있다는 것을 이해할 것이다. 더 높은 순위 ARMA 모듈들은 분리 클러터, 색전 및 서로로부터의 혈류 신호들에 매우 적합해질 수도 있다. 어떤 흐름 상태들은 m 모드 디스플레이가 상기 자동상관 시나리오 하에 유색의 블랙일 것인 경두개 도플러(transcranial Doppler)에서 일어날 수 있다. 예를 들면, 빔에 따른 어떤 장소들은, 전방의 대뇌 동맥 및 내부의 경동맥이 동시에 보여지는 견본 체적 위치들에 대응할 수도 있다. 이러한 이중 흐름 상태 하에서, 평균 속도는 0에 가까워질 것이고, 흐름 상태들은 상기 속도 문턱치로 필터링될 때 어두운 배경으로 있을 것이다. 이러한 상태에서, 반점 있는 파랑 및 빨간 배경은 사용자에게 더 많은 정보를 제공할 수도 있다. 이러한 상태를 제공할 자동상관과 다르거나 그 외에 접근법은 입체 음향 분리된 신호들을 생성하는, 각각의 게이트 깊이에서 도플러 구적 시간 연속들에 힐버트 변형을 인가할 것이며, 이동하는 스캐터러어들(scatterer)에서 발생하는 하나의 신호는 프로브(probe)에서 멀어지고, 이동하는 스캐터러들에서 발생하는 또다른 신호는 프로브를 향한다. 그 때 분석은 (1) 입체 음향 분리된 신호들이 인공물을 의미하는, 일시적인 컴포넌트들을 각각 가지는지, (2) 입체 음향 분리된 신호들 중 하나만이 엠볼러스를 의미하는, 일시적인 컴포넌트들을 가지는지, (3) 입체 음향 분리된 신호들중 하나 또는 모두가 트루 혈백 흐름을 가지는지를 결정하도록 각각의 게이트 깊이에서 행해질 수 있다. 후자의 상태 및 색전 또는 인공물들의 부재에서, 파랑 또는 빨강 또는 반점이 있거나 어떤 명암을 갖는 제 3 색조 중 어느 하나의 관련된 깊이에서 m 모드 디스플레이를 페인팅하는지 간에 결정이 행해질 수 있었다.

모든 깊이들에서의 전력 및 속도는 깊이 모드 디스플레이를 발생시키기 위해 이용되며 후술한 바와 같이 계산될 수도 있다. 유사한 단계들이 도 12 내지 15와 관련해서 미리 기술되었지만, 여러 단계들이 대안의 색전 검출 방법을 기술하는 목적들을 이해 도 17 및 18에 예시되어 있다. 각 단계와 연관된 특정 프로세서들은 상기와 같이 P1 내지 P4로 불린다.

1. 색전 검출을 위한 준비 : 깊이 모드 디스플레이에서 활용되는 모든 게이트 깊이들에 걸친 전력 및 속도의 계산

a. 원시 데이터의 디지털화(P1). 음향 에코 진폭은 초음 펄스의 발진과 초음 펄스의 다음 발진 전에 오는 전체 주기를 위해 디지털 메모리에 로드된다. 본 기술의 숙련된 자가 이해하는 바와 같이, 데이터의 N 값들은 구적 기저 대역 신호들에 대한 빠른 복조를 가능하게 하기 위하여 반송 주파수의 4배로 샘플링된다. 특히, A(1:4), 입력 A/D로부터의 일련의 N 14 비트 값들을 판독한다. 상기 값들은 도플러 반송 주파수(8 MHz)의 4X로 전환되고, 전송 버스트의 시작과 함께 개시한다. N=1000, 주어진 도플러 펄스 반복 주파수(PRF)는 8 kHz이다.

b. 도플러 변위 신호의 구적 벡터 구조(P1). 동상(I) 및 구적(Q) 기저 대역 샘플들은 반송 주파수의 4배로 샘플링된 음향 에코로부터 구성된다. 이는 음향 에코 샘플링 주기로서 같은 시간 기간에 따라 일련의 (I,Q) 쌍들을 산출하지만 반송 주파수 레이트에서 샘플링된다. 상기 (I,Q) 쌍들은 각각의 연속하는 4인조 샘플들을 위해 제 1 제 3 샘플들(I를 만들기 위한)와, 제 2 및 제 4 샘플들(Q를 만들기 위한) 사이의 차를 획득함으로써 구성된다. 특히, 2개의 벡터들 Br(동상) 및 Bi(구적)은 규칙들 즉, $Br(1:N/4)=A(1:4:N-3)-A(3:4:N-1)$ 및 $Bi(1:N/4)=A(2:4:N-2)-A(4:4:N)$ 에 따라 N/4 포인트로 구성된다. Br 및 Bi는 일련의 N/4 상이한 게이트 깊이들에 의해 디지털 방식으로 복조된 구적 도플러 값들이다.

c. 저통과 필터 설계. 기저 대역(I,Q) 신호는 깊이 모드 디스플레이를 만들기 위해 이용되는 샘플링 깊이들의 수로 데시메이트된다. 기저 대역(I,Q) 신호를 서브 샘플링하고 반송 주파수와 같은 충분한 대역폭에 걸쳐 잡음을 유지하는 것보다 오히려, FIR 저 통과 필터(전송 버스트의 것과 같은 대역폭을 갖는)는 (I,Q) 샘플들의 새롭고 더 작은 설정을 구성하는데 채용된다. (I,Q) 샘플들의 새로운 설정은 도플러 펄스 반복 주기의 서브 범위에 따라 평등하게 분산된다. 특히, 이러한 저통과 필터링을 달성하기 위한 계수들은 MATLAB, 순위 35 저 통과 FIR 필터 등의 표준 디지털 필터 설계 소프트웨어와 함께 생성에 의해 결정된다. 이러한 필터의 표준화된 컷오프는 $2/(T*fs)$ 이고, 여기서 T는 전송 버스트의 시간 지속기간이며, fs는 Br 및 Bi(2 MHz)에서 데이터의 샘플 레이트이다. 이러한 필터를 C(1:35)라고 부르자, 이러한 필터의 계수들은 전송 버스트 길이가 사용자에게 의해 변경되기 때문에 바뀌게 될 것이고, 필터 계수들의 여러 상이한 설정들의 벡크는 따라서 메모리에 저장된다.

d. 인덱스 어레이들. 상술된 데시메이션 필터링은 깊이 모드 전력 및 속도 데이터를 구성할 때 이용될 각 소망의 게이트 깊이에서 행해진다. 본 실시예에서, 33 범위 레이트 위치들에서의 데이터는 2 mm 떨어지게 선택도니다. 특히, 이 처리 단계에 대한 입력 구적 벡터들, Br 및 Bi는 2 mm 떨어져 간격이 유지되는 -0.385 mm 떨어져 있는 - 요소들을 포함하지 않는다. 따라서, FIR 데시메이션 저 통과 필터의 애플리케이션은 2 mm의 배수에 가장 가깝게 강한 값들에 대응하는 멀티 Br 및 Bi 배열들의 위치들에서 행해진다. 이는 8 kHz PRE에 주어진 깊이 22:2:86에 대응하는, 인덱스들의 미리 저장된 어레이, D1(1:33)를 가짐으로써 행해진다.

e. 저통과 필터 및 구적 데이터의 데시메이션(P1). 상술한 데시메이션 필터의 실제 애플리케이션은 필터 계수들 및 필터를 인가할 거시인 펄스 반복 주기에 따른 시간 위치들을 알게 됨으로써 행해진다. 특히, Br 및 Bi 어레이들은 다음의 규칙들에 의해 33 게이트까지 저 통과 필터링되고 데시메이트된다(<a,b>는 벡터들 a 및 b의 36 비트 누적된 정수도트 적임에 주의).

$$Er(j) = \langle C, Br(D1(j+(-17:17))) \rangle$$

$$Ei(j) = \langle C, Bi(D1(j+(-17:17))) \rangle, \text{ 및 } j=1:33.$$

Er 및 Ei, 다 합하여 66 값들은 대략 2 mm 떨어진 공간의 33 사잉한 샘플 게이트들의 설정에 걸쳐 하나의 펄스 반복 주기를 위해 도플러 변위 데이터를 포함한다.

f. 누적 입력 데이터(P2). 하나의 펄스 반복 주기에 따른 원시 데이터(도플러 변위 신호 샘플들)가 얻어진다. 본 실시예에서, 데이터의 가치있는 32 이와같은 펄스 주기를, 스페닝 4 ms는 33 게이트 깊이들의 각가에서 속도의 한 값 및 전력의 한 값을 계산하기 위하여 사용될 것이다. 특히, 32 Er 및 Ei 벡터들의 버퍼는 부동점 매트릭스들 Fr 및 Fi로 4 ms의 주기에 걸쳐 모여진다. 제 j Er 및 Ei 컬럼 벡터들은 $Fr(1:33,j)$ 및 $Fi(1:33,j)$ 에 저장된다. M=32 모인 벡터들에 교차한 제 k 게이트 깊이는 $Fr(k,1:M)$ 및 $Fi(k,1:M)$ (원시 벡터)에 의해 인덱스된다. 저장장치 및 후속하는 계산기들은 부동점이다.

g. 클루터 삭제(P2). 모여진 데이터는 클루터 신호들을 제거하기 위해 각 깊이에 개별적으로 필터링된다. 이는 데이터

에 여전히 존재하는 큰 클루터 신호들을 완전히 지우지 않는다는 것과, 하기의 색전 검출 단계들에서 분해될 것이라는 것에 주의한다. 특히, 4차 클루터 삭제 필터는 Fr 및 Fi 의 각 로우에 인가된다. $Hr(1:33,1:M)$ 및 $Hi(1:33,1:M)$ 은 필터링된 $Fr(1:33,1:M)$ 및 $Fi(1:33,1:M)$ 데이터의 목적지 매트릭스들이다. $M=32$ (예를 들어, 4ms)이다. 시간에 연속한 이러한 필터의 애플리케이션은 유지하는 상태 변수들 및 어떤 이전의 Fr 및 Fi 값들을 필요로 한다. 클루터 필터의 계수들은 필터 컷오프 주파수 예를 들어, 25 Hz 증가의 25 Hz 내지 600 Hz의 사용자 선택에 따라 변경될 것이다. 이 계수들은 상기 옵션들로부터 의 사용자 선택에 주어진, 프로세서 RAM에서 테이블 룩업에 의해 이용할 수 있다.

h. 각 깊이에서의 계산 속도(P3) : 단계1. 속도는 본 실시예에서 각 게이트 깊이에 제 1 래그 자동상관을 실행함으로써 계산된다. 특히, 4 ms의 총 시간 증가에 걸친 각 게이트에서의 데이터의 자동상관의 제 1 래그를 계산한다. 제 k 게이트 깊이에 대해, $P = Hr(k,1:M) + jHi(k,1:M)$ 으로 놓는다. 다음으로 이 깊이에 대한 제 1 래그(lag) 자동 상관은 $AC(k) = \langle P(1:M-1), P(2:M) \rangle$ 이다. 복소수 값들의 도트 곱에서 제 2 벡터는 컨주게이트(conjugated)됨을 유의한다. 이런 방식으로, 복소 벡터 $AC(1:33)$ 이 구성된다.

i. 각 깊이(P3)에서 속도를 연산한다 : 단계 2

이제 제 1 래그 자동 상관이 각 깊이에서 계산되었고, 각 깊이에서의 위상이 그 깊이에서 검출된 속도에 직접 비례하기 때문에 추출해야 할 값이다. 구체적으로는, 각각의 자동 상관 값에 대해, 4개의 쿼드런트(quadrant) 아크탄젠트 룩업이 이용되어 복소값의 위상을 결정한다. $VELOC(k) = \arctan(\text{imag}(AC(k)), \text{real}(AC(k)))$ 이다. 각각의 $VELOC(k)$ 값은 게이트 깊이 k에서 평균 유속에 비례한다.

j. 각 깊이(P3)에서 전력을 연산한다. 자동 상관의 제 0 래그는 각 깊이에서 도플러 신호 전력을 얻도록 계산된다. 깊이에 대한 전력 값들의 상기 세트 및 상기 속도 값들은 색전물 검출 알고리즘에 대한 1차 입력들이다. 구체적으로는, 위에서 규정된 4ms 주기 각각에 대한 신호 전력을 연산한다. 신호 전력의 연산은 각각의 게이트 깊이에서 행하여져, 벡터 POWER를 산출하고, 각각 33개의 값들을 갖는다. 제 k 게이트 깊이에 대해, 다시, $P = Hr(k,1:M) + jHi(k,1:M)$ 으로 놓는다. 그 결과로 얻어지는 이 깊이에 대한 전력 값들은 $POWER(k) = \langle P(1:M), P(1:M) \rangle$ 이다(복소 값들의 도트 곱에서 제 2 벡터가 컨주게이트됨을 유의한다). 이런 방식으로, 실 벡터 $POWER(1:33)$ 를 구성한다.

k. 전력(P3)를 로그 압축한다. 계산된 전력은 합리적인 크기의 스케일상에서 크고 작은 신호들이 함께 관찰될 수 있도록 데시벨로 변환된다. 구체적으로는, POWER를 데시벨로 변환한다. 즉, $POWERd(1:33) = 10 \cdot \log_{10}(POWERd(1:33))$ 이다.

2. 색전물 검출 부분 1 : 변수 정의 및 비천이 신호들의 제거

a. 전력 및 속도 데이터(P4)에 기초하여 색전물 검출을 위해 변형될 컴퓨터 환경에서의 상수 및 통계 어레이들은 다음과 같다.

상수들:

AWINDOW 50, $50 \times 4 = 200\text{ms}$ 버퍼 길이. 짝수 정수이어야 한다.

EWINDOW 20, $20 \times 4 = 80\text{MS}$ 버퍼 길이. 짝수 정수이어야 한다.

FCLUTTER, 0.05×3.1415926 , nyquist= π 인 경우 컷오프를 클러터한다.

ABSTHRESH 100. 인공물에 대한 스레숄드.

DBTHRESH 6.0. 파라볼릭 피트에 데이털르 포함하는 스레숄드.

EMARGIN 25. 동일한 색전물에 대한 서명들간의 허용된 마진($25 \times 4 = 100\text{ms}$).

AMARGIN 50. 동일한 인공물에 대한 서명들 간의 허용된 마진.

POWER_THRESH 40. 후보 색전 이벤트를 플래그하도록 파라볼릭 피트 영역하에서의 통합 전력에 대한 스레숄드.

CLUT_THRESH 27. 클러터 속도가 초과되지 않고 색전물 검출이 일지적으로 무 효화되는 m 모드 위치들의 수.

Ngates = 33.

어레이들:

Msum[1..EWINDOW], -- 각각의 값은 특정 m 모드 라인에 대해 절대치 배경 감산 디클러터된 전력의 합이다.

Mwork[1..EWINDOW], -- 유틸리티 어레이, 80ms 히스토리.

ClutCount, -- 속도가 클러터 속도 �레숄드 CLUT_THRESH 아래로 떨어지는 현재 m 모드 라인에서의 값들의 수.

MEPosition[1..EWINDOW], -- 각각의 값은 특정 m 모드 라인에 대한 색전물의 위치이다.

MPLocal[1..EWINDOW], -- 각각의 값은 특정 M 모드 라인에 대한 색전물의 근방에서의 전력이다.

MQ[1..EWINDOW], -- 각각의 값은 m모드 라인에 대한 색전물의 위치이고 '색전물 후보 신호'의 상태를 갖는다.

DELTA[1..ngates], -- 각각의 값은 주어진 게이트 깊이에서의 신호 전력의 델타 풀러위이다.

MsumA[1..AWINDOW], -- 각각의 값은 Msum 어레이에서의 이전 EWINDOW 값들의 합이다. 이 값은 인공물 신호의 존재시에 급격하게 상승한다.

b. 비교적 일정한 신호들(P4)을 제거하는 단계는 각 깊이에서 배경 전력 레벨을 트래킹하는 단계 및 그것을 각 깊이에서 현재 관찰된 전력에서 감산하는 단계로 이루어진다. 감산의 출력은 별도의 버퍼에 저장되고 색전물 검출을 행하는 1차 데이터 버퍼가 된다. 구체적으로는, 각 깊이에서 데시벨 전력 트레이스들을 델타 폴로우하고, 배경 감산된 벡터 SIGMA(k)를 생성하며, 거기서 게이트 깊이는 $k=1:33$ 에 의해 인덱스된다:

IF POWERd(k) > DELTA(k)

THEN DELTA(k) = DELTA(k) + 0.1dB

ELSE if POWERd(k) < DELTA(k)

THEN DELTA(k) = DELTA(k) - 0.1dB

SIGMA(k) = POWER(k) - DELTA(k).

3. 색전물 검출 부분 2: 클러터 신호(P4)의 제거

a. 클러터 제거는 클러터가 발생할 때 매우 낮은 평균 속도로 나타나는 경향이 있다는 사실을 이용한다. 스펙트로그램에서, 클러터는 제로 평균 속도(즉, 제로 평균 도플러 쉬프트 주파수)를 갖는 것으로서 직관적으로 나타내어지는 수직 스트리크 고강도 품질(광대역)을 가질 수 있다. 속도를 계산하는 제 1 랙 자동 상관 방법이 평균 속도를 초래하기 때문에, 클러터 거절 플랜은 속도가 �레숄드 아래로 떨어지는 m 모드 라인에서 어느 곳에서든지 전력 레벨을 제로로 출력하는 것이다. 구체적으로는, 4ms 전력 및 속도 데이터의 세트는 루틴 디클러터로 처리된다. 즉, DeClutter(VELOC, SIGMA). 이 루틴 DeClutter(VELOC, SIGMA)은 다음의 동작들을 행한다:

i. Mwork[I] = abs(VELOC[I]), 여기서 I = 1...n개 게이트들.

ii. ClutCount = Mwork[I] < FCLUTTER인 경우들의 수, 여기서 I = 1...n개 게이트들.

iii. Mwork[I] < FCLUTTER이면, SIGMA[I] = 0 이다. 여기서, I = 1...n개 게이트들.

4. 색전물 검출 부분 3: 나머지 신호들을 검토하고 색전물이 존재하는지를 검출한다(P4).

a. 디클러팅 알고리즘의 상기와 같은 호출 이후에, 하기의 분석들이 행하여져서 색전물의 존재를 결정한다. 첫째, 색전물이 존재한다고 가정하면, M-MODE 라인내에서의 그것의 위치 및 색전물 근방에서의 관련 전력을 계산한다. 혈류내에서 이동하는 색전물의 선형적인 이해에 기초하는 의문들의 수와 함께 데이터를 검토한다. 즉, 구체적으로는, 루틴 Detect, 즉 Detect(VELOC, SIGMA)를 호출함으로써 4MS 데이터의 세트를 처리한다. 이 루틴 Detect(VELOC, SIGMA)는 상술한 전체 변수들에 대해 다음의 동작을 수행한다:

i. 절대 배경 감산된 디클러터된 전력을 합산한다. 이 값이 인정된 시간 기간을 초과할 때, 인공물이 존재한다. 구체적으로는, $Msum[Acounter] = \sum(\text{abs}(\sigma[l]))$, 여기서 $l=1..n$ 개 게이트. Acounter는 AWINDOW에서의 최대치를 갖는 순환 버퍼 카운터이고, 검출 루틴의 끝에서 증분된다.

ii. m 모드 라인에서 최대 배경 감산된 디클러터된 전력의 값 및 위치를 결정한다. 구체적으로는, $[Y, I_{max}] = \max(\sigma[J])$, 여기서 $J=1..n$ 게이트이다. 즉, Y는 버퍼 시그마의 최대치이고 인덱스 I_{max} 에 위치한다.

iii. 최대 전력의 위치에서 시작하여, 보다 얕은(shallow) 깊이 쪽으로 이동하고, 배경-공제 디클러터된 전력(background-subtracted decluttered power)이 6dB 아래로 떨어지는 곳을 판정. 이것은 가정적 색전 신호(hypothetical embolic signal)의 근처에서 전력을 통합하기 위한 하나의 경계를 설정한다. 특히, $I_{max}-1$ 에서 시작하여, 어레이 시그마 $[1..I_{max}-1]$ 를 따라 보다 얕은 깊이 방향으로 이동하고, 시그마[index]가 6dB 아래로 떨어지는 $I_{shallow} = \text{index}$ 를 판정.

iv. 최대 전력의 위치에서 시작하여, 깊은 깊이 쪽으로 이동하고, 배경-공제 디클러터된 전력이 6dB 아래로 떨어지는 곳을 판정. 이것은 가정적 색전 신호(hypothetical embolic signal)의 근처에서 전력을 통합하기 위한 하나의 경계를 설정한다. 특히, $I_{max}+1$ 에서 시작하여, 어레이 시그마 $[I_{max}+1..ngates]$ 를 따라 보다 깊은 깊이 방향으로 이동하고, 시그마[index]가 6dB 아래로 떨어지는 $I_{deep} = \text{index}$ 를 판정.

v. 피크 전력의 보다 정확한 위치를 판정하기 위해 6dB 지점들 사이의 전력 데이터에 포물선을 맞춤. 특히, 어레이 시그마[]에서의 $npts = I_{deep} - I_{shallow} + 1$ 값들로, 최상의 포물선 피트 계수들(parabolic fit coefficients) $[MP2, MP1, MP0]$ (최소 스퀘어(square)된 에러)를 판정하고, 여기서 MP2는 제 2 순차(order) 계수이다.

vi. 포물선 피트 계수들을 사용하여, 주어진 M-모드 라인(mode line)의 최대 배경-공제 디클러터된 전력의 보다 정확한 전력 위치를 연산. 이것은 색전이 존재하는 경우, 색전 위치에 대한 최상의 가정(guess)이 된다. 특히, $MEPosition[Ecounter] = 28 + 2 * I_{shallow} - MP1/MP2$. 각 게이트(gate) 증가분이 2mm 깊이 변화에 대해 대응하므로, 2의 공동인자(cofactor)가 사용된다. 만약, $MP2=0$ 이고, 포물선 피트(fit)의 npts가 3보다 작다면, 디폴트 MEPosition[Ecounter]=BUST=0. Ecounter는 EWINDOW에서 최대 값을 갖는 순환 버퍼 카운터(circular buffer counter)이고, 검출 루틴(routine)의 종료시에 증가될 것이다.

vii. 피크의 6dB 지점들 내에서 m-모드 라인의 배경 공제 디클러터된 전력을 통합, 이것은 배경 혈류로부터 높게 위치된 전력을 갖는 색전을 구별하는데 사용될 '로컬 전력(local power)'을 야기한다. 특히, $MPLocal[Ecounter] = \sum(\sigma[j])$ 이고, $j = I_{shallow}..I_{deep}$.

viii. 프로브(probe)와 같은 인공물(artifact) 또는 환자 움직임으로부터 색전 신호를 분리하기 위해 몇 가지 부가적인 기초적인 작업을 준비. 이것은 각 m-모드 라인에서 통합된 절대(integrated absolute) 배경 공제 디클러터된 전력의 역사를 고찰하고, 그것이 유지된 증분을 보이는지를 조사함으로써 행해진다. 특히, $Msum[]$ 어레이의 앞의 50(200ms) 값들 중 중간 값을 판정. 이것은 만약 실질적인 에너지 요동(fluctuation)이 일반적인지 않게 긴 기간동안 지속한다면, 인공물 존재를 판정하는데 사용되는 측정치이다. 일반적으로, 색전 신호들은 대뇌 동맥들의 수십 밀리초(milliseconds) 지속하는 과도전류(transients)이다. 중간 값은 전체 Msum 어레이의 중간을 차지함으로써 달성되는데, 왜냐하면, 그것은 200ms의 길이(50 값들)로 설계되기 때문이다. $MsumA[Acounter] = \text{median}(Msum)$.

ix. 색전이 일어나는지를 판정하기 위해 일련의 이진 테스트들(binary tests)을 행함, 이들 테스트들의 출력이 TURE 이라면, 그후에 색전 위치는 MQ[] 어레이에 기록될 것이다. 특히, $MQ[Ecounter]=0$ 을 설정함으로써 시작. 순환 버퍼 내의 순차 값들을 참조하여, $Tminus1 = Ecounter - 1$, $Tminus2 = Ecounter - 2$, $Tminus3 = Ecounter - 3$, 및 $Tminus4 = Ecounter - 4$ 를 할당. 이들 유용한 값들 중 임의의 것이 0 또는 그보다 작으면, 그후에 버퍼의 다른 끝을 감싸고; 만약 $TminusXX \leq 0$ 이면, $TminusXX = TminusXX + EWINDOW$. 또한 디폴트 테스트는 테스트: $T0=T1=T2=T3=T4=T5=T6=T7=T8=0$ 전에 부정(negative)을 출력한다.

01. 테스트1: 색전을 유지하는, 배경 전력의 커다란 요동이 존재하는가? 특히, $MPLocal[Ecounter] > \text{POWER_THRESH}$ 이면, $T0=1$ 이다.

02. 테스트2: 제공된 4ms의 기간에, 색전이 매우 높은 혈류 속도(2m/s)의 일정한 속도로 이동하는가? 특히, $\text{abs}(MEPosition[Ecounter] - MEPosition[Tminus1]) < 4$ 밀리미터(mm)이면, $T1=1$ 이다.

03. 테스트3: 4ms의 두 번째 기간에, 색전이 매우 높은 혈류 속도(2m/s)의 일정한 속도로 이동하는가? 특히, $\text{abs}(MEPosition[Tminus1] - MEPosition[Tminus2]) < 4$ mm이면, $T2=1$ 이다. (색전은 이전의 기간 동안에는 2m/s보다 느리게 이동함)

04. 테스트4: 포물선 피트(fit)가 현재 기간동안 디스플레이 에지(display edge)에 5mm보다 가깝지 않은 색전 위치를 보여주는가? 특히, 만약 $MEPosition[Ecounter] > 27mm$ 이고 $MEPosition[Ecounter] < 81mm$ 이면, $T3=1$ 이다.

05. 테스트5: 포물선 피트가 이전의 기간동안 디스플레이 에지에 5mm보다 가깝지 않은 색전 위치를 보여주는가? 특히, 만약 $MEPosition[Tminus1] > 27mm$ 이고 $MEPosition[Tminus1] < 81mm$ 이면, $T4=1$ 이다.

06. 테스트6: 포물선 피트가 앞 두 개의 기간들 동안 디스플레이 에지에 5mm보다 가깝지 않은 색전 위치를 보여주는가? 특히, 만약 $MEPosition[Tminus2] > 27mm$ 이고 $MEPosition[Tminus2] < 81mm$ 이면, $T5=1$ 이다.

07. 테스트7: 포물선 피트가 앞 세 개의 기간들 동안 디스플레이 에지에 5mm보다 가깝지 않은 색전 위치를 보여주는가? 특히, 만약 $MEPosition[Tminus3] > 27mm$ 이고 $MEPosition[Tminus3] < 81mm$ 이면, $T5=1$ 이다.

08. 테스트8: 색전이 현재와 앞의 두 개의 기간들에서 변환기(transducer)로부터 떨어진 움직임의 균일한 방향을 보여주는가? 특히, $(MEPosition[Tminus2] \geq MEPosition[Tminus1])$ 와 $(MEPosition[Tminus1] \geq MEPosition[Ecounter])$ 이면, $T7=1$ 이다.

10. (테스트1=TURE이고 테스트2=TURE이고, 테스트3=TURE이고, 테스트4=TURE이고, 테스트5=TURE이고, 테스트8TURE (테스트6=TURE 또는 테스트7=TURE)이면, 후보 이벤트(candidate event)는 색전으로 고려된다. 특히, 만약 $(T0=1, T1=1, T2=1, T3=1, T4=1, T5=1, T8=1 (T6=1 또는 T7=1))$ 이고, $MQ[Ecounter]=MEPosition[Ecounter]$, $MQ[Tminus1]=MEPosition[Tminus1]$, 및 $MQ[Tminus2]=MEPosition[Tminus2]$.

x. 인공물 신호(artifact signal)가 식별되었으며 긍정적인 색전 검출 결과들을 배제할 필요가 있는지를, 또는 색전 신호가 진행중이고, 색전이 빔을 통과하였음을 호스트 시스템(host system)이 통지 받기 전에 적절한 방식으로 프로세싱(processing)이 완료되어야 하는지를 투시하는 테스트들 및 상기의 연산들의 결과를 검토. 특히, 이 섹션의 목적은 색전 또는 인공물이 발생하였는지를 호스트에게 각각 알려서 Edetect 설정하는지 또는 Adetect을 설정하는 지를 판정하는 것이다.

01. 인공물 상태에 대한 제 1 검토 데이터(FIRST REVIEW DATA FOR ARTIFACT STATUS). 인공물 상태가 진행중이거나 인공물이 색전 신호를 방해한다면 색전이 플래그(flag)되는 것을 방지. 특히, 두 개의 기본적인 인자들은 인공물 신호가 검출되었는지, MsumA 긴 텀(term) 에너지 검출기가 임계값을 초과하였는지, 또는 비정상적인 수(number)의 신호들이 매우 낮은 속도(이것은 프로브 또는 환자가 물리적으로 탭(tap)되거나 범프(bump)되는 경우 발생)를 일으켰는지를 판정한다.

만약, $(MsumA[ACounter] > ABSTHRESH OR ClutCount > CULT_THRESH)$

{

이 인공물 검출이 새로운 인공물이라면, 그후에 적절한 플래그들을 초기값들로 설정.

만약 $(AFag = FALSE)$

{

EFlag=FALSE 임의의 색전 검출을 무시하고,

AFlag=TURE 인공물 지정을 초기화

}

ADownCount=0 '포스트 - 인공물(Post-artifact) 마진(margin) 카운터를 초기 화

}

그렇지 않으면, {만일, 상기 포인트에 도달하는 경우, 인공물 신호(artifact signal)가 진행한다. 인공물 이후에 바로 마진이 존재하는가?

if(AFlag==TRUE AND ADownCount<AMARGIN)

```
{
마진 카운터 증가(Bump up margin counter)
ADownCount=ADownCount+1
}

그렇지 않으면, {만일 상기 포인트에 도달하는 경우,
인공물은 진행하여, 인공물 이후의 마진은 완료된다.
```

```
if(AFlag==TRUE){
AFlag=FALSE 인공물 플래그 턴-오프
인공물이 발견되었음을 호스트에 알리고,
호스트에 전송되지 않은 상기 플래그 메시지를
리셋하지 않는다.
ADetect=TRUE
}
}
}
```

02. SECOND REVIEW DATA FOR EMBOLUS STATUS. 인공물이 엠보러스의 플래깅(flagging an embolus)을 제외하지 않는다면, 엠보러스와 같은 이벤트를 플래그의 여부를 결정하기 위하여 그 증거(evidence)를 검토한다. 특히, 엠보러스에 대한 첫 번째 지시기들은 MQ[Ecounter]가 유효 값으로 설정된 경우와 인공물이 진행되지 않은 경우이다(Aflag fase). 후자의 요구는 바로 위의 섹션에서 검토되었기 때문에, 진행중인 인공물은 존재하는 엠보러스 이벤트(상기)를 디스에이블하고, 엠보러스 이벤트(이하)의 다른 진술(declaration)은 제외한다:

```
if(MQ[ECounter]>0 AND AFlag==FALSE){
엠보러스 이벤트가 새로운 경우라면, 적당한 값들을 초기화.
if(EFlag==FALSE){
EFlag=TRUE 진행 중의 엠보러스 이벤트를 선언(declare).
}
엠보러스 이벤트가 진행중인 동안, 다음의 엠보러스
마진 카운터(post-embolus margin counter)의 길이를
제로로 한다.
EDownCount=0
}
```

그렇지 않으면, 상기 포인트에 도달한 경우에, 엠보러스]

이벤트는 완료하고, 100ms의 다음의 엠보러스

마진(EMARGIN)에 대한 다른 검출을 위해 지연이 필요하다

```
if(EFlag==TRUE AND EDownCount<EMARIN)
```

```
{
```

마진 카운터 증가.

```
EDownCount=EDownCount+1
```

```
}
```

그렇지 않으면, {만일 상기 포인트에 도달하는 경우,

엠보러스는 진행하여, 엠보러스 이후의 마진은 완료된다.

```
if(EFlag==TRUE){
```

```
AFlag=FALSE 엠보러스 이벤트 플래그 턴-오프
```

인공물이 발견되었음을 호스트에 알리고,

호스트에 전송되지 않은 상기 플래그 메시지를

리셋하지 않는다.

```
EDetect=TRUE
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

03. Increment Acounter and Ecounter를 1씩 조정. Acounter가 AWINDOW를 초과하면, Acounter를 1로 리셋한다. Ecounter가 EWINDOW를 초과하면, Ecounter를 1로 리셋한다.

04. 사용자에게 대해 엠보러스 카운터를 갱신하여 디스플레이를 적당히 마크한 다.

당업자라면 본 발명이 도 9 내지 도 11과 관련하여 특별히 개시 및 기술된 것 이외의 회로와 함께 실시될 수 있음을 알 것이다. 이들 도면은 본 발명에 따른 도플러 초음파 시스템의 수많은 가능한 실시예들중 한가지만을 나타낸다. 마찬가지로, 본 발명은 도 12 내지 도 18과 관련하여 특별히 개시 및 기술된 것 이외의 처리 단계를 이용하여 실시될 수 있다.

더우기, 전술한 바와 같이 전부 넷 이하의 알고리즘 부분을 갖는 색전 검출 방법을 사용하여 효과적인 색전 검출이 이루어질 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 색전 검출은, 각 게이트에서 비교적 일정한 도플러 전력을 제공하는 비일과성 신호들을 도플러 시스템에 의해 수집된 데이터로부터 제거하고, 이후 잔여 데이터가 색전 이벤트의 거동과 일치하는지 여부를 결정하기 위해 이진(binary) 특정 테스트의 배터리에 전기를 도통시키는 색전 검출 알고리즘을 수행함으로써 달성될 수 있다. 검출 알고리즘에서는 넷 이하의 알고리즘 부분이 사용되지만, 색전 검출은 여전히 이루어질 수 있다. 그러나, 정확성에 대한 효과는 색전 검출 알고리즘의 전체 효율을 보상하도록 크지 않을 수 있지만, 처리 시간을 단축하는 장점을 갖거나 검출 알고리즘의 복잡성이 바람직하다. 따라서, 이전에 기재된 넷 보다 다소 많은 알고리즘 부분을 갖는 검출 알고리즘이 본 발명의 범위에 드는 것을 알 수 있다.

검출 알고리즘이 자동화된 색전 검출의 실시예들에 대해 기술되었지만, 대안적으로, 앞서 기술된 알고리즘의 일부 또는 전부를 적용하고, 결과적인 정보를 디스플레이 장치상에 표시하며, 사용자로 하여금 색전 이벤트의 발생을 시각적으로 검출시키므로써 색전 검출이 이루어질 수 있다. 색전 이벤트들을 시각적으로 검출하는 방법은 앞서 기술된 도

플러 초음파 시스템의 실시예들의 보조에 의해 이루어질 수 있다. 그러나, 색전 검출 방법의 실시예들은 청구범위에 의해 인용되는 정도까지는 제외하고, 특정 도플러 초음파 시스템에 한정되지 않음을 알 수 있다.

당업자는 또한 그 기능 및 상호연결이 도 9 내지 도 11과 관련하여 기술되어 있는 회로 각각이 당업계에서 공지된 형태임을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 당업자라면 그러한 회로들을 기술된 조합에 의해 본 발명을 실시하는데 쉽게 적응시킬 수 있을 것이다. 이들 회로의 특별한 세부사항들은 본 발명에 있어서 중요하지 않으며, 내부 회로 작동의 상세한 설명은 제공될 필요가 없다. 마찬가지로, 도 12 내지 도 18과 관련하여 기재된 처리 단계들 각각은 당업자에 의해 이해될 것이며, 이 처리 단계는 당업자가 본 발명을 실시하기 위한 상세히 기술될 필요가 없는 일련의 작업 자체일 수 있다.

본 발명의 특정 실시예들은 예시적인 목적으로 기술되었지만 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나지 않는 다양한 수정예가 이루어질 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 사용자 인터페이스가, 프린터나 기타 시각적 표시 장치와 같은 비디오 디스플레이 외의 수단에 의해 제공될 수 있다. 당업자라면 또한 이들 회로 및 프로세스와 관련하여 전술된 많은 장점들이 다른 회로 구조 및 프로세스에 의해 제공될 수 있음을 알 것이다. 따라서, 본 발명은 특정한 상기 개시내용에 의해 제한되지 않지만, 본 발명의 범위는 청구범위에 의해 결정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

초음파 빔을 따라서 움직임을 감지하는 도플러 초음파 시스템에서 색전 이벤트를 검출하기 위한 방법으로서,

상기 초음파 빔을 따라서 복수의 위치에서의 운동 정보를 수집하는 단계와,

각각의 시간 주기에 대해 수집된 운동 정보로부터 색전 이벤트의 발생을 결정하는 단계를 포함하며,

상기 운동 정보에는 복수의 시간 주기를 갖는 시간의 길이에 대해 검출된 도플러 변위 신호 전력 및 관련 속도가 포함되는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 색전 이벤트의 발생을 결정하는 단계와,

상기 복수의 위치 각각에 대해 수집된 운동 정보로부터 각각의 배경 전력 레벨을 차감하는 단계, 및

최종 수집된 운동 정보가 색전 이벤트를 나타내는지를 결정하기 위해 복수의 이진 특성화 테스트를 수행하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 최종 수집된 운동 정보로부터 색전 이벤트의 위치를 확인하는 것을 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 색전 이벤트의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이 사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 5.

제 3 항에 있어서, 상기 색전 이벤트의 위치 확인 단계는 초음파 빔을 따라서 최대 검출 전력의 깊이를 배치하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 6.

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 특성화 테스트는 최종 수집된 운동 정보가 최고 혈류 속도를 초과하지 않는 속도를 갖는 색전 이벤트를 나타내는지를 결정하는 것을 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 최고 혈류 속도는 대략 2 m/s 인 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 8.

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 최종 수집된 운동 정보가 최소 수의 시간 간격에 있어서 초음파 빔의 공급원에 대해 근접 또는 이격하는 균일한 운동을 갖는 색전 이벤트를 나타내는지를 결정하는 것을 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 9.

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 잠재적인 색전 이벤트의 최종 수집된 운동 정보가 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 갖는지를 결정하는 것을 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 사용자에게 의한 관측을 위해 수집된 운동 정보를 표시하는 단계를 추가로 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 11.

제 10 항에 있어서, 색전 이벤트의 발생 결정은 사용자에게 의해 시각적으로 이루어지는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 12.

초음파 빔을 따라서 움직임을 감지하는 도플러 초음파 시스템에서 색전 이벤트를 검출하기 위한 방법으로서,

상기 초음파 빔을 따르는 복수의 위치에서의 운동 정보를 복수의 시간 주기동안 수집하는 단계로서, 상기 운동 정보에는 검출된 도플러 변위 신호 전력과 관련 속도가 포함되는 운동 정보 수집 단계와,

각각의 시간 주기 및 상기 복수의 위치 각각에서 수집된 운동 정보로부터 각각의 배경 전력 레벨을 감산하는 단계와,

최종 수집된 운동 정보를 디스플레이 장치상에 표시하는 단계, 및

표시된 수집된 운동 정보로부터 색전 이벤트의 발생을 시각적으로 결정하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 최종 수집된 운동 정보의 표시 단계는 최종 수집된 운동 정보를 시간, 위치, 및 전력 축을 따라서 표시하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서, 색전 이벤트의 발생을 시각적으로 결정하는 단계는 색전 이벤트의 위치를 확인하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 15.

제 14 항에 있어서, 색전 이벤트의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이 사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 16.

제 14 항에 있어서, 상기 색전 이벤트의 위치 확인 단계는 적어도 하나의 시간 주기동안 최대 검출 전력의 깊이를 초음파 빔을 따라서 배치하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 17.

제 13 항에 있어서, 색전 이벤트의 발생을 시각적으로 결정하는 단계는 색전 이벤트의 속도가 최고 혈류 속도를 초과하는지를 결정하는 단계를 포함하는 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 최고 혈류 속도는 대략 2 m/s 인 색전 이벤트 검출 방법.

청구항 19.

제 13 항에 있어서, 색전의 발생을 시각적으로 결정하는 단계는, 상기 색전 이 시간 간격 동안에 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 움직임을 가지는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 20.

제 13 항에 있어서, 상기 색전의 발생을 시각적으로 결정하는 단계는, 상기 색전이 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 갖는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 21.

초음파 빔을 따라서 도플러 초음파 시스템 감지 운동에서 색전을 검출하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은,

복수의 시간 주기동안에, 초음파 빔을 따라서 복수의 위치용으로서, 검출된 도플러 변위 신호 전력과 관련 속도를 포함하는 운동 정보를 수집하는 단계와,

각 시간 주기동안에, 상기 수집된 운동 정보로부터 속도 임계값보다 작은 검출된 속도를 가지는 운동 정보를 제거하는 단계와,

시간 및 위치 축을 따라서 상기 발생된 수집 운동 정보를 디스플레이 장치에 디스플레이 하는 단계 및,

상기 색전의 발생을 상기 디스플레이된 발생 수집 운동 정보로부터 시각적으로 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 22.

제 21 항에 있어서, 상기 색전의 발생을 시각적으로 결정하기 위한 단계는, 색전 발생 위치를 인식하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 23.

제 22 항에 있어서, 상기 색전 발생 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 24.

제 21 항에 있어서, 상기 색전 발생을 시각적으로 결정하기 위한 단계는, 상기 색전의 속도가 상위 단부 혈류 속도를 초과하지 않는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 25.

제 24 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s인 방법.

청구항 26.

제 21 항에 있어서, 상기 색전의 발생을 시각적으로 결정하기 위한 단계는, 상기 색전이 시간 간격동안에 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 움직임을 가지는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 27.

초음파 빔을 따라서 도플러 초음파 시스템 감지 운동에서 색전을 검출하고, 상기 도플러 초음파 시스템은 초음파 빔을 따라서 복수의 위치에서 검출된 도플러 변위 신호 전력 및 관련된 속도를 포함하는 운동 정보를 복수의 시간 간격 동안에 수집하는 방법에 있어서,

속도 임계값보다 작은 검출된 속도를 가지는 운동 정보를 각 시간주기동안에 상기 수집된 운동 정보로부터 제거하는 단계와,

상기 발생 수집 운동 정보가 색전을 지시하는지를 결정하기 위하여 복수의 이진 특성화 테스트를 각 시간주기동안에 수행하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 28.

제 27 항에 있어서, 상기 속도 임계값은 대략 7 cm/s인 방법.

청구항 29.

제 27 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 색전의 위치를 상기 발생 수집 운동 정보로부터 인식하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 30.

제 29 항에 있어서, 상기 색전의 위치는 제 1 깊이와 제 2 깊이사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 31.

제 29 항에 있어서, 상기 색전의 위치를 인식하는 단계는, 초음파 빔을 따라서 검출된 최대 초음파 전력을 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 32.

제 27 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 발생 수집된 운동 정보가 상위 단부 혈류 속도를 초과하지 않는 속도를 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 33.

제 32 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s인 방법.

청구항 34.

제 27 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 발생 수집된 운동 정보가 최소수의 시간 간격동안에 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 움직임을 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 35.

제 27 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 잠재적인 색전의 발생 수집된 운동 정보가 상기 배경 파우 레벨로부터 충분한 전력 변동을 갖는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 36.

제 27 항에 있어서, 사용자에게 의한 관찰을 위해 상기 수집된 운동 정보를 표시하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 37.

제 27 항에 있어서, 상기 이진 특성화 테스트의 결과를 검토하고, 색전의 잘못된 포지티브 인식(false positive identification)을 거절하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 38.

제 37 항에 있어서, 상기 발생 수집된 운동 정보가 색전의 특성과 일치하는지를 결정할 때에 카운터(counter)를 자동적으로 증분시키는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 39.

초음파 빔을 따라서 도플러 초음파 시스템 감지 운동에서 색전을 검출하고, 상기 도플러 초음파 시스템은 초음파 빔을 따라서 복수의 위치에서 검출된 도플러 변위 신호 전력 및 관련된 속도를 포함하는 운동 정보를 복수의 시간 간격 동안에 수집하는 방법에 있어서,

각각의 시간 주기와, 상기 복수의 위치 각각동안에 상기 수집된 운동 정보로부터 각각의 배경 전력 레벨을 추출하는 단계와,

상기 추출된 수집 운동 정보로부터 속도 임계값보다 작은 검출된 속도를 가지는 운동 정보를 각 시간 주기동안에 제거하는 단계와,

상기 발생된 수집 운동 정보가 색전의 발생과 일치하는지를 결정하기 위하여 각 시간 주기동안에 복수의 이진 특성화 테스트를 수행하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 40.

제 39 항에 있어서, 상기 속도 임계값은 대략 7cm/s인 방법.

청구항 41.

제 39 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 색전의 위치를 상기 발생된 수집 운동 정보로부터 인식하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 42.

제 41 항에 있어서, 상기 색전의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 43.

제 41 항에 있어서, 상기 색전의 위치를 인식하는 단계는, 초음파 빔을 따라서 검출된 최대 초음파 전력을 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 44.

제 39 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 발생된 수집 운동 정보가 상위 단부 혈류 속도를 초과하지 않는 속도를 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 45.

제 44 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s인 방법.

청구항 46.

제 39 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 발생된 수집 운동 정보가 최소수의 시간 간격동안에 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 움직임을 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 47.

제 39 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 잠재적인 색전의 발생된 수집 운동 정보가 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 갖는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 48.

제 39 항에 있어서, 사용자에게 의한 관찰을 위해 상기 수집된 운동 정보를 표시하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 49.

제 39 항에 있어서, 상기 이진 특성화 테스트의 결과를 검토하고, 색전의 잘못된 포지티브 인식을 거절하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 50.

제 39 항에 있어서, 상기 발생된 수집 운동 정보가 색전의 특성과 일치하는 것을 결정할 때에 카운터를 자동적으로 증분시키는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 51.

초음파 빔을 따라서 도플러 초음파 시스템 감지 운동에서 색전을 검출하고, 상기 도플러 초음파 시스템은 초음파 빔을 따라서 복수의 위치에서 검출된 도플러 변위 신호 전력 및 관련된 속도를 포함하는 운동 정보를 복수의 시간 간격 동안에 수집하는 방법에 있어서,

색전의 발생을 인식하기 위하여 상기 수집된 운동 정보에 색전을 지시하는 복수의 이진 특성화 테스트를 각 시간 주기 동안에 수행하는 단계와,

잘못된 포지티브 색전을 거절하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 52.

제 51 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트를 수행하는 단계는, 상기 색전의 위치를 상기 수집된 운동정보로부터 인식하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 53.

제 52 항에 있어서, 상기 색전의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 54.

제 52 항에 있어서, 상기 색전의 위치를 인식하는 단계는, 초음파 빔을 따라서 검출된 최대 초음파 전력을 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 55.

제 51 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 수집된 운동 정보가 상위 단부 혈류속도를 초과하지 않는 속도를 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 56.

제 55 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s인 방법.

청구항 57.

제 51 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 수집된 운동 정보가 최소수의 시간 간격동안에 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 움직임을 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 58.

제 51 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 잠재적인 색전의 수집된 운동 정보가 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 갖는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 59.

제 51 항에 있어서, 사용자에게 의한 관찰을 위해 상기 수집된 운동 정보를 표시하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 60.

제 51 항에 있어서, 상기 수집된 운동 정보가 색전의 특성과 일치하는지를 결정할 때에 카운터를 자동적으로 증분시키는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 61.

초음파 빔을 따라서 도플러 초음파 시스템 감지 운동에서 색전을 검출하고, 상기 도플러 초음파 시스템은 초음파 빔을 따라서 복수의 위치에서 검출된 도플러 변위 신호 전력 및 관련된 속도를 포함하는 운동 정보를 복수의 시간 간격 동안에 수집하는 방법에 있어서,

각 시간 주기동안에 그리고 복수의 위치 각각에서 상기 수집된 운동 정보로부터 각각의 배경 전력 레벨을 추출하는 단계와,

색전의 발생을 인식하기 위하여 상기 발생된 수집 운동 정보에 색전을 지시하는 복수의 이진 특성화 테스트를 각각의 시간 주기동안에 수행하는 단계와,

잘못된 포지티브 색전을 거절하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 62.

제 61 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 색전의 위치를 상기 발생 수집 운동 정보로부터 인식하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 63.

제 62 항에 있어서, 상기 색전의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 또한 포함하는 방법.

청구항 64.

제 62 항에 있어서, 상기 색전의 위치를 인식하는 단계는, 초음파 빔을 따라서 검출된 최대 초음파 전력을 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 65.

제 61 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는, 상기 발생된 수집 운동 정보가 상위 단부 혈류 속도를 초과하지 않는 속도를 가지는 색전을 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 66.

제 65 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s인 방법.

청구항 67.

제 61 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 최종 수집된 운동 정보가 최소 수의 시간 간격에 대해 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 동작을 가지는 색전 이벤트를 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 68.

제 61 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 최종 수집된 잠재적인 색전 이벤트의 운동 정보가 상기 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 가지는지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 69.

제 61 항에 있어서, 사용자에게 의한 관찰을 위해 최종 수집된 운동 정보를 표시하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 70.

제 61 항에 있어서, 상기 최종 수집된 운동 정보가 색전 이벤트의 특성화와 일치하는지가 결정될 때 카운터를 자동으로 증분시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 71.

초음파 빔을 따르는 움직임을 감지하고 색전 이벤트를 검출하기 위한 도플러 초음파 시스템으로서,

초음파 신호를 검출하고 대응 전기 신호를 응답적으로 생성하도록 작동할 수 있는 초음파 트랜스듀서와,

초음파 빔을 따르는 복수의 위치에 대해 검출된 도플러 변위 신호 전력과 관련 속도를 포함하는 복수의 시간 주기의 운동 정보를 수집하며, 전기 신호를 수신하는 트랜스듀서에 결합된 신호 처리 회로와,

상기 수집된 운동 정보가 색전 이벤트의 발생에 일치하는지를 결정하기 위해 각각의 시간 주기에 대한 복수의 이진 특성화 테스트를 수행하도록 작동하며, 상기 신호 처리 회로로부터 상기 수집된 운동 정보를 수신하도록 결합되는 검출 회로를 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 72.

제 71 항에 있어서, 상기 검출 회로는 각각의 복수의 위치 및 시간 주기에 대해 상기 수집된 검출 도플러 초음파 전력으로부터 개별적인 배경 전력 레벨을 감산하도록 추가로 작동하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 73.

제 72 항에 있어서, 각각의 시간 주기에 대한 상기 검출 회로는 상기 감산된 수집 운동 정보로부터 속도 임계값보다 작은 검출 속도를 갖는 운동 정보를 제거하도록 추가로 작동하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 74.

제 73 항에 있어서, 상기 속도 임계값은 대략 7 cm/s인 도플러 초음파 시스템.

청구항 75.

제 71 항에 있어서, 상기 검출 회로는 상기 복수의 이진 특성화 테스트의 결과를 검토하고 색전 이벤트의 잘못된 포지티브 인식을 거절하도록 추가로 작동하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 76.

제 71 항에 있어서, 사용자에게 의한 관찰을 위해 수집된 운동 정보를 표시하기 위해 상기 신호 처리 회로와 상기 검출 회로에 결합된 디스플레이 장치를 추가로 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 77.

제 71 항에 있어서, 상기 검출 회로는 색전으로 결정된 이벤트의 수를 계수하도록 추가로 작동하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 78.

제 71 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 초음파 빔을 따르는 각각의 복수의 위치에 최대 전력을 위치시킴으로써 상기 색전 이벤트의 위치를 인식하는 단계를 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 79.

제 78 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 색전 이벤트의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이 사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 80.

제 71 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 수집된 운동 정보가 상위 단부 혈류 속도를 초과하지 않는 속도를 갖는 색전 이벤트와 일치하는지를 결정하는 단계를 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 81.

제 80 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s인 도플러 초음파 시스템.

청구항 82.

제 71 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 수집된 운동 정보가 최소 수의 시간 간격 동안 초음파 트랜스듀서로부터 멀리 또는 초음파 트랜스듀서를 향해 균일한 움직임을 갖는 색전 이벤트를 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 83.

제 71 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 수집된 잠재적인 색전 이벤트의 운동 정보가 상기 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 가 지는지를 결정하는 단계를 포함하는 도플러 초음파 시스템.

청구항 84.

색전 이벤트를 검출하기 위한 컴퓨터 실행 프로그램을 갖는 컴퓨터 판독가능 매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은 도플러 초음파 시스템에 의해 실행될 때 하기의 단계들을 실행하는 초음파 빔을 따르는 움직임을 감지하는 실행가능명령을 포함하고,

상기 단계들은;

상기 초음파 빔을 따르는 복수의 위치에 대한 복수의 시간 주기 운동 정보를 수집하는 단계와,

상기 수집된 운동 정보가 색전 이벤트의 발생을 지시하는지를 결정하기 위해 각각의 시간 주기 동안 복수의 이진 특성화 테스트를 실행하는 단계를 포함하고,

상기 운동 정보는 검출된 도플러 변위 신호 전력 및 관련 속도를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 85.

제 84 항에 있어서, 상기 복수의 위치 및 시간 주기 각각에 대해 수집된 검출 도플러 초음파 출력으로부터 개별적인 배경 전력 레벨을 감산하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 86.

제 85 항에 있어서, 상기 각각의 시간 주기에 대해 감산된 수집 운동 정보로부터 속도 임계값보다 적은 검출 속도를 갖는 운동 정보를 제거하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 87.

제 86 항에 있어서, 상기 속도 임계값은 대략 7cm/s인 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 88.

제 84 항에 있어서, 상기 이진 특성화 테스트의 결과를 검토하고 색전 이벤트의 잘못된 포지티브 인식을 거절하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 89.

제 84 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 색전 이벤트의 위치를 상기 수집된 운동 정보로부터 인식하는 단계를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 90.

제 89 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 색전 이벤트의 위치가 제 1 깊이와 제 2 깊이 사이에서 발생하는지를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 91.

제 89 항에 있어서, 상기 색전 이벤트의 위치를 인식하는 단계는 복수의 시간 세그먼트 동안 상기 초음파 빔을 따르는 최대 검출 전력의 깊이를 위치결정하는 단계를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 92.

제 84 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 수집된 운동 정보가 상위 단부 혈류 속도를 초과하지 않는 속도를 갖는 색전 이벤트와 일치하는지를 결정하는 단계를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 93.

제 92 항에 있어서, 상기 상위 단부 혈류 속도는 대략 2m/s를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 94.

제 84 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 수집된 운동 정보가 최소 수의 시간 간격 동안 상기 초음파 빔의 소스로부터 멀리 또는 그 소스를 향해 균일한 움직임을 가지는 색전 이벤트를 지시하는지를 결정하는 단계를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 95.

제 84 항에 있어서, 상기 복수의 이진 특성화 테스트는 상기 잠재적인 색전 이벤트의 수집 운동 정보가 상기 배경 전력 레벨로부터 충분한 전력 변동을 가지는지를 결정하는 단계를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 96.

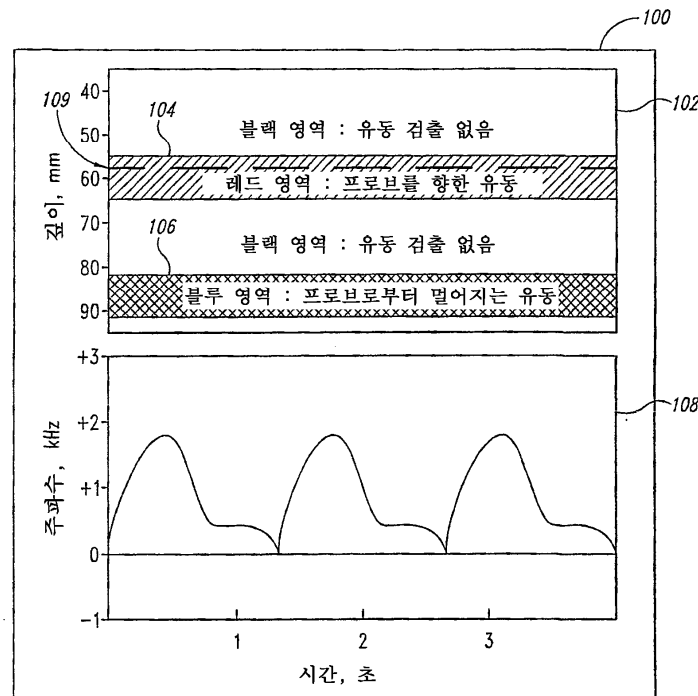
제 84 항에 있어서, 사용자에게 의한 관찰을 위해 상기 수집된 운동 정보를 표시하는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 97.

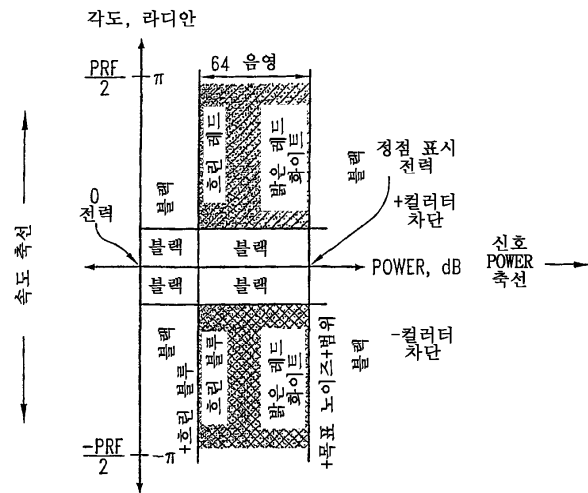
제 84 항에 있어서, 상기 수집된 운동 정보가 색전 이벤트의 발생을 지시하는지가 결정될 때 카운터를 자동으로 증분시키는 단계를 추가로 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체.

도면

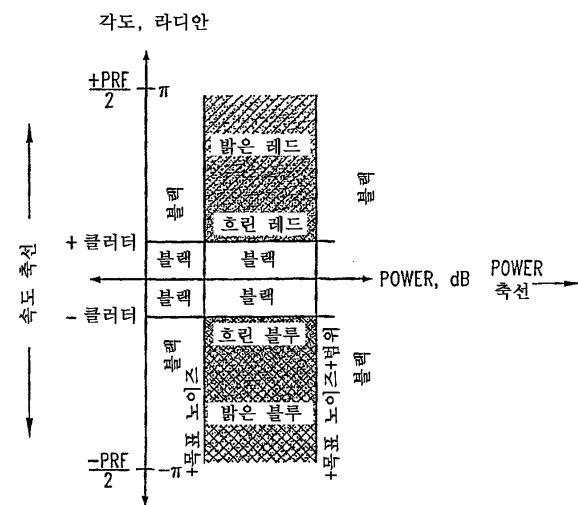
도면1



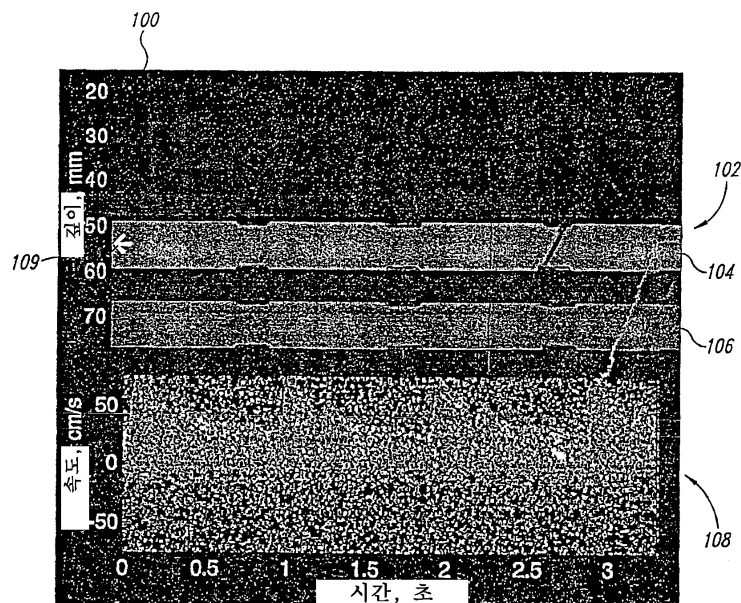
도면2



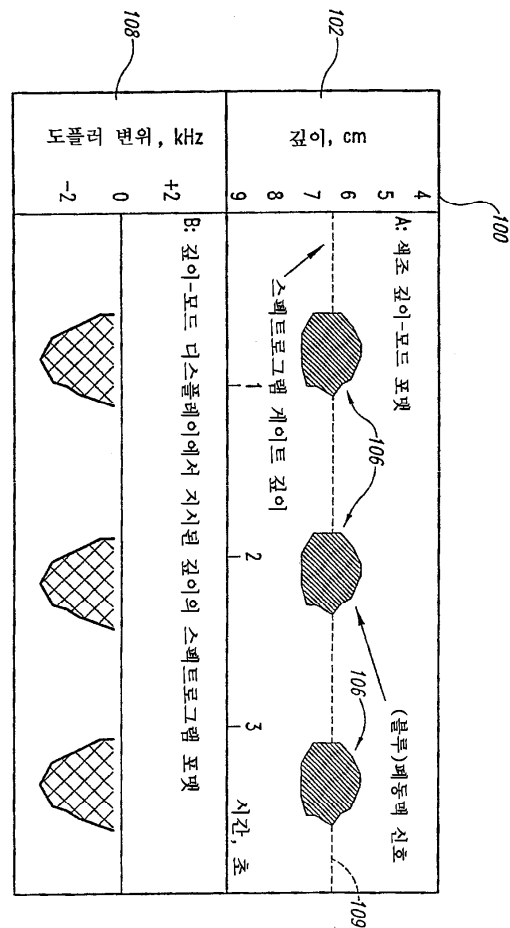
도면3



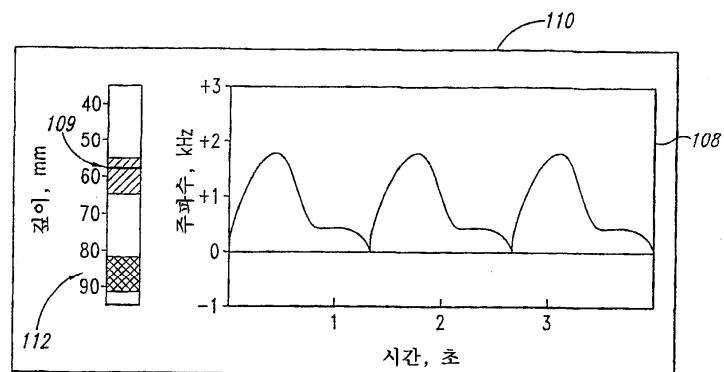
도면4



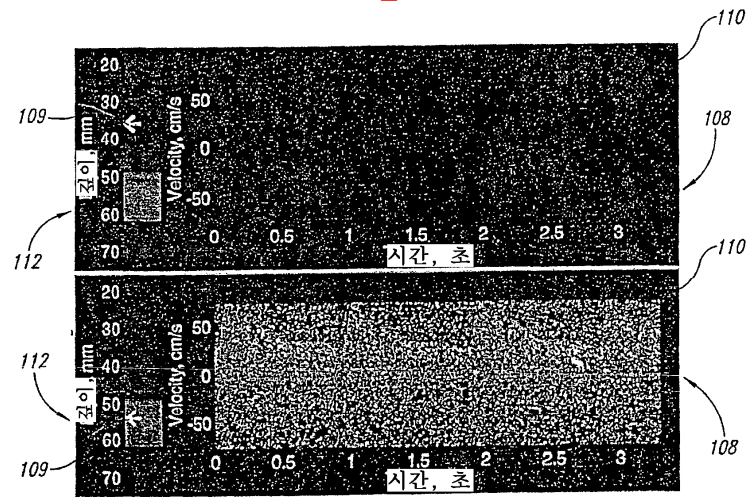
도면5



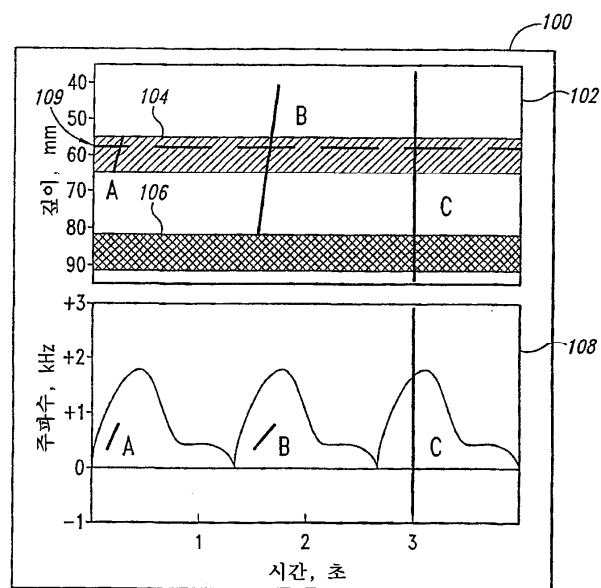
도면6



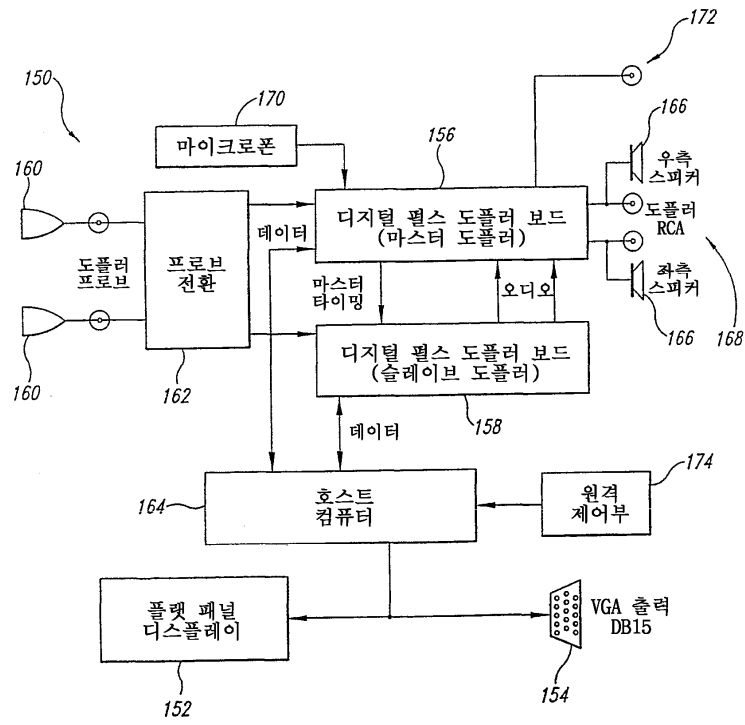
도면7



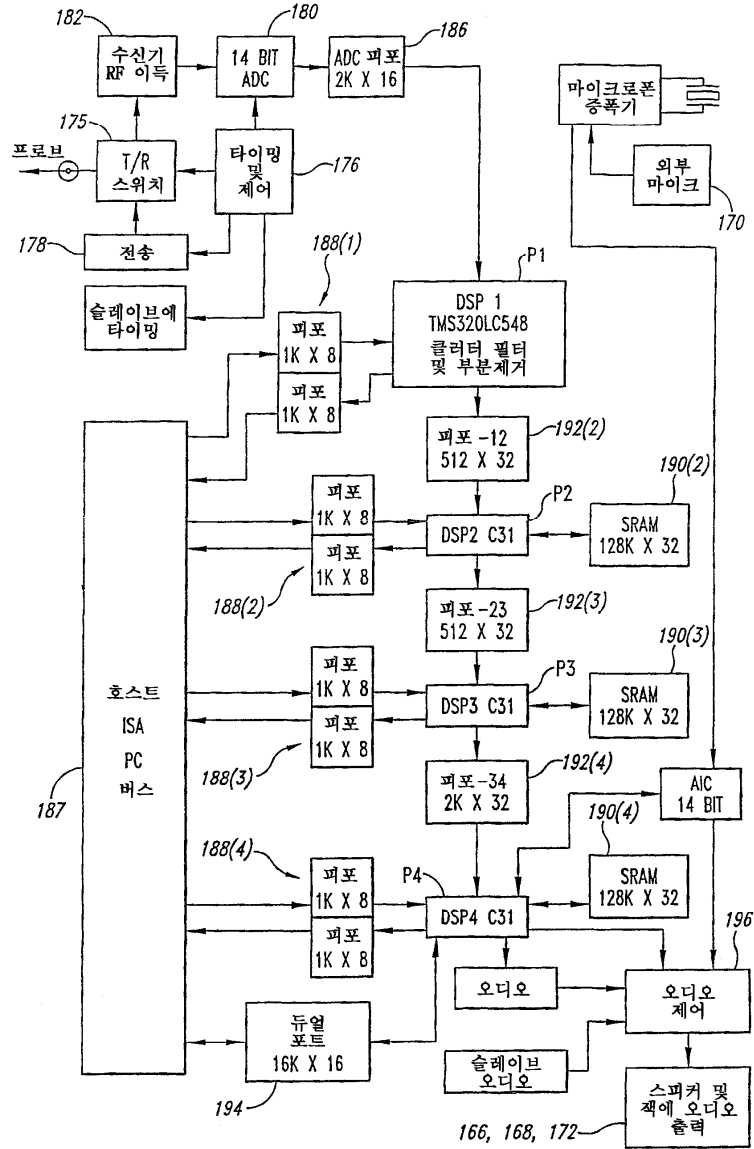
도면8



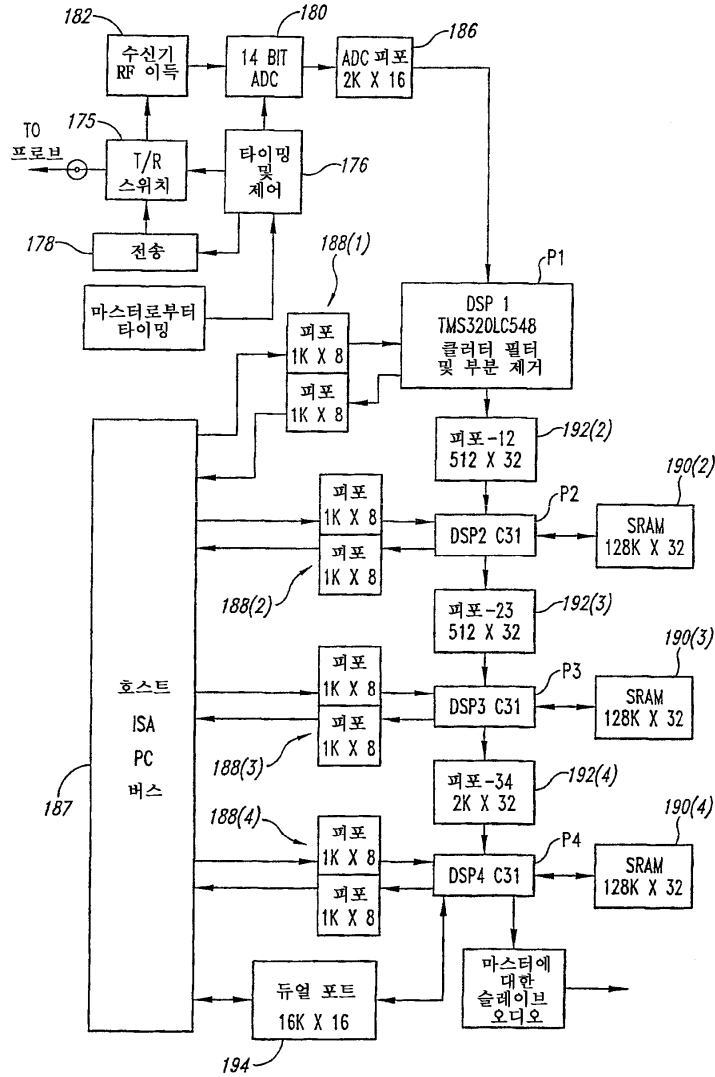
도면9



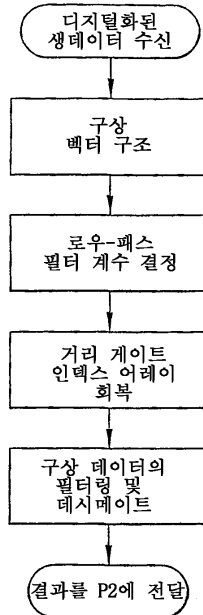
도면10



도면11

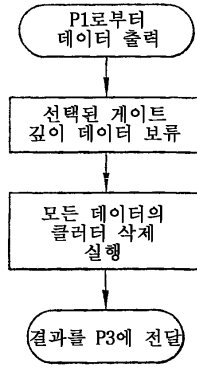


도면12

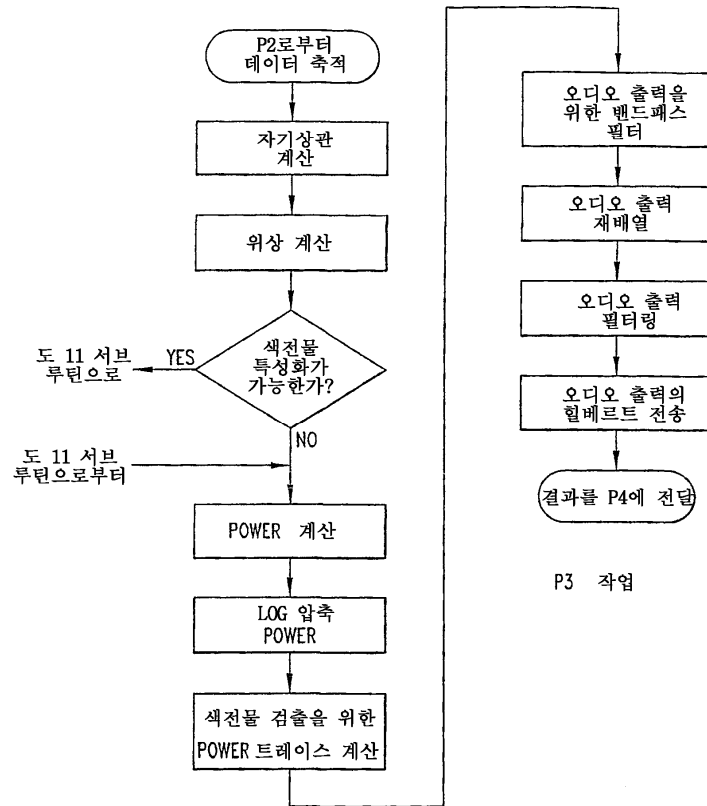


P1 작업

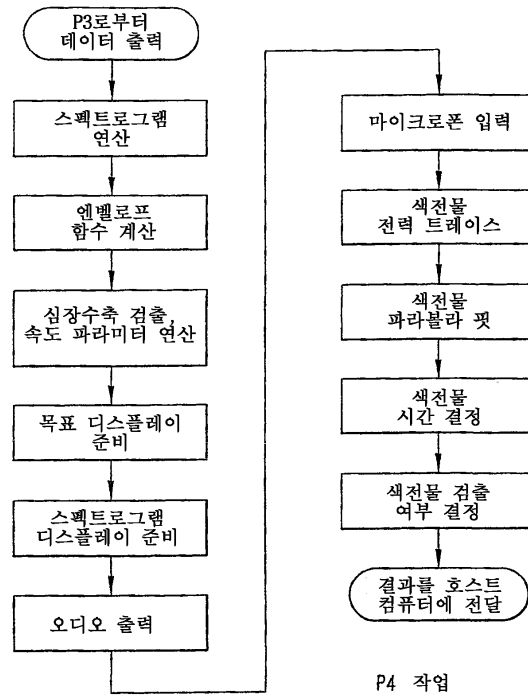
도면13



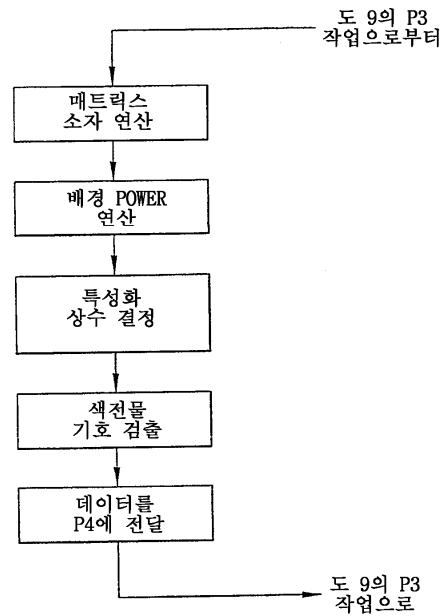
도면14



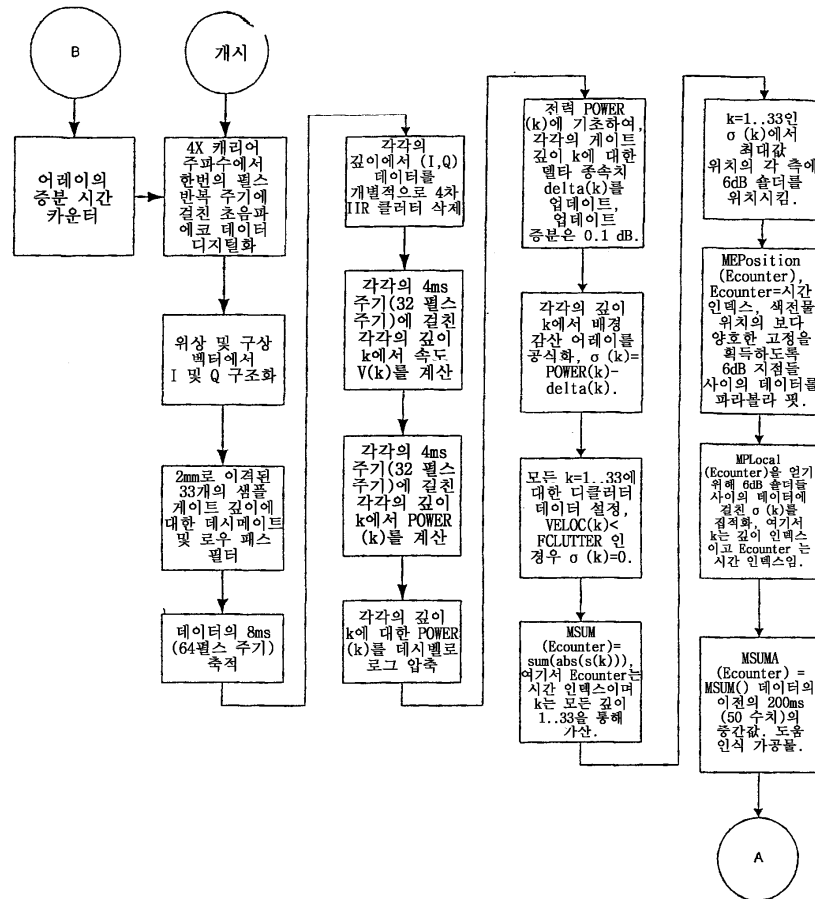
도면15



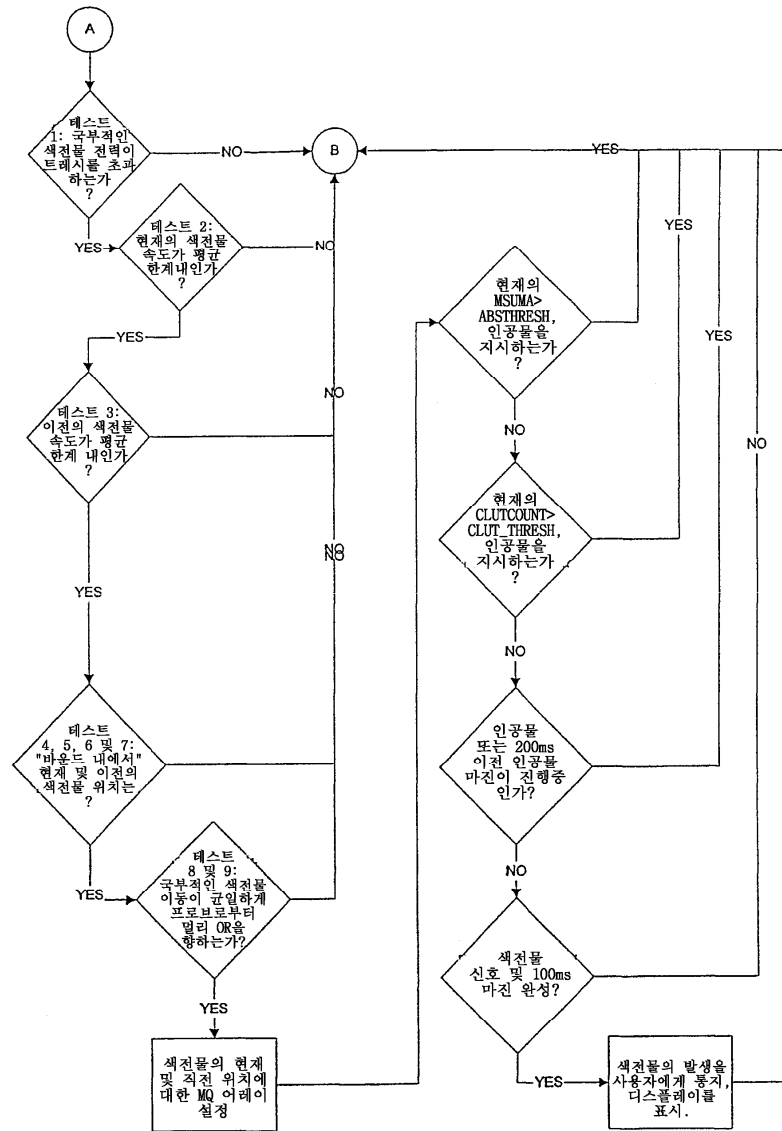
도면16



도면17



도면18



专利名称(译)	用于血流监测和栓塞检测的多普勒超声方法和装置		
公开(公告)号	KR1020030081346A	公开(公告)日	2003-10-17
申请号	KR1020037007671	申请日	2001-12-06
[标]申请(专利权)人(译)	史宾塔克公司		
申请(专利权)人(译)	针织技术，.		
当前申请(专利权)人(译)	针织技术，.		
[标]发明人	MOEHRING MARK MYERS TIMOTHY R		
发明人	뎡링마크 마이어스티모시알.		
IPC分类号	A61B8/08 G01S7/52 G01S15/58 A61B8/06 G01S15/89		
CPC分类号	G01S7/52073 G01S7/52036 G01S15/8988 G01S15/8984 A61B8/463 G01S7/52046 A61B8/06 G01S7/52071 A61B8/0816		
代理人(译)	李昌勋 李，何炳 李贝尔		
优先权	09/731645 2000-12-06 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了用于血流监测和栓塞检测的脉冲多普勒超声波系统及相关方法。图形信息显示包括深度 - 深度模式显示，同时指示和频谱图显示。深度 - 深度模式显示指示沿着超声波束轴线的各种位置，其中检测血流。该位置表示为至少一个色调区域。根据多普勒超声波信号幅度的函数改变强度，该函数在色调指示血流方向或检测到的血流速率时检测。此外，在深度 - 深度模式显示中，用户的位置包括可以选择的指针。它对应于用指针识别如上所述的指示的频谱图的位置。此外，它具有栓塞材料的检测功能。血流监测，栓塞检测，脉冲多普勒超声波系统，图形信息显示，深度， - 深度模式显示，以及频谱图显示。

