

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5444213号
(P5444213)

(45) 発行日 平成26年3月19日(2014.3.19)

(24) 登録日 平成25年12月27日(2013.12.27)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 8/12 (2006.01)

A 6 1 B 8/12

請求項の数 18 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-510512 (P2010-510512)
 (86) (22) 出願日 平成20年5月30日 (2008.5.30)
 (65) 公表番号 特表2010-528720 (P2010-528720A)
 (43) 公表日 平成22年8月26日 (2010.8.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/065282
 (87) 国際公開番号 W02008/150992
 (87) 国際公開日 平成20年12月11日 (2008.12.11)
 審査請求日 平成23年4月27日 (2011.4.27)
 (31) 優先権主張番号 60/941,480
 (32) 優先日 平成19年6月1日 (2007.6.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 510337768
 イマコー・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国・ニューヨーク・1153
 O・ガーデン・シティ・スチュワート・ア
 ペニュー・839・スイート・3
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高フレームレート超音波イメージング用の温度管理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イメージングが実施されるフレームレートを制御するインターフェースを有する超音波イメージングエンジンと、

前記インターフェースを介して前記イメージングエンジンに命令を送信するようにプログラムされている制御装置とを備えた超音波装置であって、

前記命令が、前記イメージングエンジンに、(a) イメージング用に、プローブが連続的に安全に作動することのできる十分に低い第一のフレームレートを設定させ、(b) 使用者が制御する作動に応じて、前記作動の後の所定の期間中のイメージング用に、前記第一のフレームレートよりも高い第二のフレームレートを設定させ、(c) 前記所定の期間が経過すると、前記第一のフレームレート以下の第三のフレームレートにフレームレートを自動的に減少させ、

前記制御装置が、前記所定の期間よりも長くにわたって前記イメージングエンジンを前記第二のフレームレートで動作させないようにプログラムされている、装置。

【請求項 2】

前記第二のフレームレートでの動作によって生じる温度上昇全体を補償するのに十分な時間にわたって前記第三のフレームレートでのイメージングが実施される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記第三のフレームレートが前記第一のフレームレートよりも低い、請求項 1 に記載の

10

20

装置。

【請求項 4】

前記第一のフレームレートが略 24 fps であり、前記第二のフレームレートが略 50 fps である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記所定の期間が 5 秒間未満である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記所定の期間が略 3 秒間であり、前記第三のフレームレートでのイメージングが少なくとも 7 秒間実施される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記所定の期間よりも長い時間にわたって前記第三のフレームレートでのイメージングが実施される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

(a) 安全な連続動作を可能にするのに十分に低い第一のフレームレートで対象の超音波イメージフレームの第一の組を得る段階と、

(b) 使用者が制御する作動に応じて前記第一のフレームレートから第二のフレームレートに切り替え、所定の期間にわたって前記第二のフレームレートで前記対象の超音波イメージフレームの第二の組を得る段階であって、前記第二のフレームレートが前記第一のフレームレートよりも高い、段階と、

(c) 前記所定の期間が経過すると、前記第二のフレームレートから第三のフレームレートに自動的に切り替えることによって前記所定の期間よりも長くにわたって前記第二のフレームレートで前記対象の超音波イメージフレームの第二の組を得る段階が続かないようにして、前記第三のフレームレートで前記対象の超音波イメージフレームの第三の組を得る段階であって、前記第三のフレームレートが前記第一のフレームレート以下である、段階とを備えた超音波イメージングを実施する方法。

【請求項 9】

前記第二の期間中のより高いフレームレートでの動作によって生じる温度上昇全体を補償するのに十分な時間にわたって前記第三のフレームレートでのイメージングが実施される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第三のフレームレートから前記第一のフレームレートに自動的に切り替えて、前記第一のフレームレートで前記対象の超音波イメージフレームの第四の組を得る段階であって、前記第三のフレームレートが前記第一のフレームレートよりも低い、段階を更に備えた請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第一のフレームレートが略 24 fps であり、前記第二のフレームレートが略 50 fps である、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記所定の期間が 5 秒間未満である、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

前記所定の期間が略 3 秒間であり、前記第三のフレームレートでのイメージングが少なくとも 7 秒間実施される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

前記所定の期間よりも長い時間にわたって前記第三のフレームレートでのイメージングが実施される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 15】

(a) 安全な連続動作を可能にするのに十分に低い第一のフレームレートで対象の超音波イメージを得る段階と、

(b) 使用者が制御する作動に応じて、前記第一のフレームレートよりも高い第二のフレームレートに切り替えて、前記第二のフレームレートで前記対象の超音波イメージを得

10

20

30

40

50

る段階と、

(c) 所定の期間が経過すると、前記第一のフレームレートに自動的に戻すことによって前記所定の期間よりも長くにわたって前記段階(b)が続かないようにして、前記第一のフレームレートで前記対象の超音波イメージを得る段階とを備えた超音波イメージングを実施する方法であって、

前記段階(a)、(b)、(c)が、単一のイメージングセッション中に全て実施される、方法。

【請求項16】

(d) 前記第一のフレームレートよりも低いフレームレートに自動的に切り替え、前記第一のフレームレートよりも低いフレームレートで前記対象の超音波イメージを得る段階を更に備え、

前記段階(d)が、前記段階(b)の後であって、前記段階(c)の前に行われる、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

(d) 10秒間未満にわたってイメージングを一時停止する段階を更に備え、

前記段階(d)が、前記段階(b)の後であって、前記段階(c)の前に行われる、請求項15に記載の方法。

【請求項18】

前記第二のフレームレートでの動作が5秒間未満にわたって続く、請求項15に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【関連出願の相互参照】

本願は、2007年6月1日出願の米国仮出願第60/941480号の優先権を主張する。

【背景技術】

【0002】

心機能をモニタリングする従来の方法の一つは、経食道心エコー検査(TEE, transesophageal echocardiography)であり、超音波トランスデューサを含むプローブを食道内に挿入して、そのトランスデューサが患者の心臓の近くに来るように配置する。そして、プローブを用いて実時間で心臓の動画を撮影し、典型的にはビデオモニタに出力される。従来のTEEプローブでは典型的に、その直径が10~15mm(成人用)である。この大きな直径のため、従来は、麻酔を必要とすることが多く、気道を重大に脅かす可能性があり、心臓の長期間モニタリングには適していない。最近、特許文献1(2004年11月24日出願の米国特許出願第10/996816号)に開示されているような、長期間モニタリングを可能にし麻酔の必要性を排除又は減じる、より小型のTEEプローブが開発された。

【0003】

特定の環境下において、高フレームレートでTEEプローブを動作させると、プローブの温度が望ましくない大きさに上昇し得る。これは、印加パワーの消散用により少ない表面積しか利用することのできない、より小型のプローブにおいて、特に問題となり得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/0143657号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

超音波プローブの温度を低く保つため、大部分の時間に対して、プローブを低フレーム

10

20

30

40

50

レートで（これに伴う低い発熱で）動作させる。プローブの動作は、高時間分解能が必要な期間において一時的にのみ高フレームレートに切り替えられて、プローブは短期間に対してのみ高フレームレートで動作する。その期間中、高時間分解能で大量のイメージが得られる。一気に（短期間で大量の）イメージを撮影した後で、フレームレートを戻し、発熱を減じる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】プローブ温度を低くするための第一の方法を示すグラフである。

【図2】プローブ温度を低くするための第二の方法を示すグラフである。

【図3】超音波トランスデューサを活性化するのに適した短パルスのグラフである。

【図4】本願で説明される熱管理方法を実施するためのシステムのブロック図である。

【図5】高フレームレートで撮影された短期間大量のデータを要求するのに適したユーザインターフェースを備えた超音波プローブ用のハンドルを示す。

【発明を実施するための形態】

【0007】

他の全ての条件が等しいとして、超音波プローブの温度上昇（ ΔT ）はイメージのフレームレートに比例する。従って、超音波プローブの熱管理は、イメージ撮影フレームレートを二つのモードの間で切り替えることで行われ得る。即ち、現在のイメージングタスクに対して高フレームレートが要求される際に使用される高フレームレートの第一のモードと、高フレームレートが要求されない場合に使用される低フレームレートの第二のモードである。任意で、更に低いフレームレート（又はゼロのフレームレート）の第三のモードを使用して、第一のモードで動作した後にプローブをより高速に冷却することができる。

【0008】

心臓のTEEイメージングに対しては、50フレーム毎秒（fps, frame per second）のフレームレートが適している。何故ならば、このフレームレートは高速度応用（例えば、心臓再同期療法応用における、心臓のどの部分の収縮が遅いのかの可視化）に対して十分に速いものでありながら、血液からの“スペckル”ノイズを再ランダム化する（それによってイメージに対するスペckルノイズの影響を減じる）のに十分に遅いものだからである。しかしながら、小型TEEプローブ（例えば、200mm²のオーダの表面積を有するトランスデューサ）に対して、50fpsで連続的にプローブを動作させることは、望ましくないプローブ温度の上昇を生じさせる可能性がある。

【0009】

しかしながら、このような応用において、高フレームレートでの連続動作は、プローブを配置している手順の一部の間、より低いフレームレート（例えば、25fpsのオーダ）でプローブを動作させることによって、回避可能である。好ましくは、このより低いフレームレートは、プローブを連続的に安全に動作させることのできる点に ΔT が下がるのに十分遅いものである。この動作モードを、本願において“連続”モードと称する。そして、プローブを所望の位置に配置した後、一連のイメージが、より高いフレームレート（例えば、50fpsのオーダ）で短期間（例えば3秒間）にわたって、撮影される。この動作モードを、本願において“バースト”モードと称する。高速バーストの後、動作は連続モードに戻る。この動作モードでのフレームレートの変化を、図1の下方のトレース12で示す。そして、結果としての温度上昇 ΔT を上方のトレース14で示す。

【0010】

任意で、図2に示されるように、低フレームレートの“冷却”モードをバーストモードの後に追加して、プローブの冷却を加速してもよい。この冷却モードは、そのフレームレートを連続モードのフレームレート未満に遅くすることによって（例えば10fpsのオーダ）、又は、イメージ撮影プロセスを完全に停止することによって（図示せず）、実施され得る。好ましくは、イメージ撮影を完全に停止する場合、適切な表示を、適切なユーザインターフェースを介して表示して、オペレータが、システムが故障していると思わないようにする。更に、イメージングにおける一時停止は短いことが好ましく（例えば10

10

20

30

40

50

秒間未満)、オペレータをいらいらさせないようにする。プローブが十分に冷却されると、他の高速バーストが実施され得る。この動作モードでのフレームレートの変化を、図2の下方のトレース22で示す。そして、結果としての温度上昇 ΔT を上方のトレース24で示す。好ましくは、同一の対象の同一のイメージングセッション中に、これら三つ全てのフレームレートが、次から次に、異なるフレーム間に全く中断がない又は非常に短い中断しかないように、生じる(例えば、全てが1分間未満で、好ましくは30秒間未満で、より好ましくは15秒間未満で生じる)。

【0011】

一例では、24fpsで連続的に動作しているプローブの温度上昇は略3.2であった(組織ファントムで測定)。超音波プローブの熱時定数が比較的大きいので、三秒間の高速バーストは、顕著で瞬間的な温度上昇を生じさせない。高速バーストが比較的短く(例えば、五秒間未満、より好ましくは三秒間のオーダ)、冷却期間が十分に長い限りにおいて、 $\Delta T_{最大}$ は、連続動作における ΔT よりも高くなり過ぎるということはない。

【0012】

他の全ての条件が等しいとして、パワー、つまりは相対的な発熱は、フレームレートに直接比例する。従って、50fpsでの動作は、24fpsの通常モードよりも $50/24 = 2.08$ 倍、発熱し、10fpsの冷却モードでの動作は、24fpsの通常モードよりも $10/24 = 0.41$ 倍、発熱する。好ましくは、冷却期間は、高フレームレートでの動作によって生じた温度上昇全体を補償するように、高速バーストに対して、十分に長く且つ時間的に十分に密接しているものである。これは、全フレーム数を、通常の連続フレームレートに関するフレーム数未満に維持することによって達成可能である。例えば、24fpsで連続的に動作しているシステムでは、12秒間で288フレームが存在する。対照的に、50fpsで三秒間のバーストの後に、10fpsでの九秒間の冷却を行うと、12秒間で、 $(50 \times 3) + (10 \times 9) = 240$ フレームというより少ないフレーム数となる。結果として、バースト及び冷却のサイクルの後の温度は、連続モードに対する定常状態の温度よりも低くなる。他の例では、50fpsでの三秒間のバースト後に10fpsでの七秒間の冷却を行い、その後、もう一度同様にバースト及び冷却を行うと、その全フレーム数(440)は、24fpsで20秒間の連続動作(フレーム数は480となる)よりも低くなる。

【0013】

上述の方法は、加熱に対するFDAのALARA(as low as reasonably achievable)原則の順守を達成するのに特に有益である。これは、プローブが患者に長期間(例えば6時間超)挿入されたままである応用において特に重要であり、所望の高フレームレートで一気に撮影することによって、長期加熱による悪影響を最小化する。このようにしなければ、低フレームレートで動作させることになる。3秒間のバーストは、心臓が60bpmで鼓動している場合に完全な心臓周期を二周期撮影するのに十分長いものである点に留意されたい。

【0014】

また、上述の方法は、IEC60601で推奨される6の最大温度上昇未満の温度上昇、より好ましくは4度未満の温度上昇を保つのに有益である。

【0015】

図4は、上述の熱管理方法を実施するのに適したシステムのブロック図である。超音波イメージングエンジン46は、プローブ48内のトランスデューサを稼働させ、トランスデューサからのリターン信号を受信し、そのリターン信号を、最終的に適切なディスプレイ上に表示されるイメージに変換する。フレームレート、セクターアングル、フレーム毎のライン数等の多様なパラメータに対するデジタル制御を備えた超音波イメージングエンジンの実施は、当業者には周知であり、このようなイメージングエンジンに対する制御は、例えば、適切な制御アドレスに対して適切な制御ワードを書き込むことによって、また、当業者に周知の方法で、達成可能である。

【0016】

制御装置 44 は、適切なインターフェース（例えばデジタルバス）を介して、命令を超音波エンジン 46 に送信し、図 1 及び 2 に関して上述した方法に従ってフレームレートを変更する。任意で、イメージの分解能を、高速バーストモード中に上昇させ得る（例えば、通常速度のフレームでは 42 ライン毎フレームとし、高速フレームでは 48 ライン毎フレーム以上とすることによって）。

【0017】

ユーザインターフェース 42 は、使用者が所望の時間にバーストモードの始動を要求できるようにして、当業者に周知の多様な方法のいずれかを用いて実施可能である。例としては、機械的スイッチ（プッシュボタン、足踏みスイッチが挙げられるがこれらに限られない）やバーチャルスイッチ（例えばタッチスクリーン上の）が挙げられる。

10

【0018】

ユーザインターフェースの制御面は、超音波コンソール上に又はプローブ自体の上に位置し得る。図 5 は、制御ボタン 101 がプローブのハンドル部分 80 上に位置している実施形態を示す。制御ボタン 101 を押すと、システムは、バーストモードを始動することによって応答する。好ましくは、バーストモードの終了は、システムによって自動的に制御され、バーストモードの開始後の一定時間（例えば 3 秒間）で生じるように設定される。

【0019】

50 fps のフレームレートは、20 ms の時間分解能を提供する。フレーム 2 で平均化されたフレーム 1、フレーム 3 で平均化されたフレーム 2、フレーム 4 で平均化されたフレーム 3 等という、フレームの平均シーケンスについても同様である。20 ms は、血液からのスペックルを“再ランダム化”するのに十分長く、つまり、スペックルの滞留時間よりも長く、（二つの連続するフレームから複合化された）複合化されたフレームにおいて、（レイリー分布又は電子ノイズに従うスペックルによって左右される）キャビティ内の分解能セルの集合の平均の変動係数を、単一フレーム内の同様の変動係数の 71% に減少させる。

20

【0020】

任意で、非常に少ないサイクル（例えば 1 ~ 3 サイクル）の期間のパルスを用いて、トランスデューサを活性化させる。（時間領域における）より短いパルスは、（周波数領域における）比較的広いバンド幅を有し、より高い周波数成分に対して、細胞内の減衰は高くなり、広いバンド幅パルスの低周波数成分は、6 MHz のオーダの中心周波数を用いて、分解能を犠牲にすることなく、改善された浸透を提供することができる（例えば 10 ~ 12 cm のオーダ）。実験は、特に熱的考察を考慮すると、2 サイクルパルス 30 を用いることが最適であることを示した（より短いパルスは、同じ振幅のより長いパルスよりも熱を発生させないため）。

30

【0021】

温度上昇を減少させるための、また、パワーを減少させるためにも使用可能な他の方法は以下のとおりである：（a）小さな直径のプローブと一致して可能な限り大きなトランスデューサの寸法とすること；（b）適切な分解能と一致して可能な限り低い周波数とすること；（c）例えば、本願で参照として組み込まれる米国特許出願第 11 / 534403 号（2006 年 9 月 22 日出願）で説明されているように、プローブの最も熱い点において ΔT を減少させるように熱を拡散させる熱伝導性を設計すること；（d）許容可能なイメージの質と一致して、デューティサイクルを低く保つこと；（e）例えば、本願で参照として組み込まれる米国特許出願第 10 / 997059 号（2004 年 11 月 24 日出願）で説明されているように、イメージを改善する信号処理を用いることである。

40

【0022】

上述の方法は、TEE との関係において説明されているが、同様の方法を、他の超音波イメージングにおいても用いることができ、例えば、食道以外のキャビティ内に挿入されるプローブや、体の外表面に適用されるプローブが挙げられる。上述の実施形態に対する多数の変形が、当業者にとっては明らかであり、本発明の範囲内に含まれるものである。

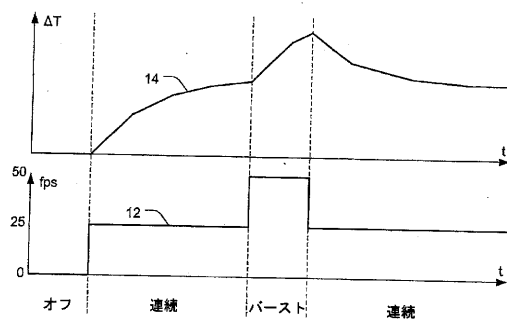
50

【符号の説明】

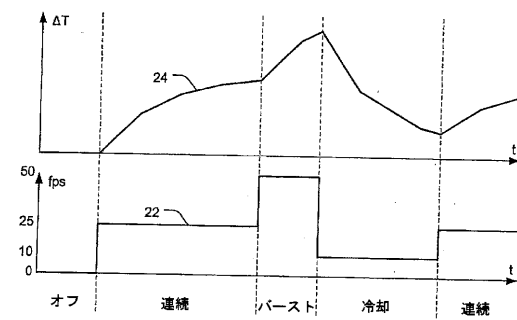
【 0 0 2 3 】

- 4 2 ユーザインターフェース
- 4 4 制御装置
- 4 6 超音波イメージングエンジン
- 4 8 プローブ
- 8 0 ハンドル部分
- 1 0 1 制御ボタン

【図 1】



【図 2】

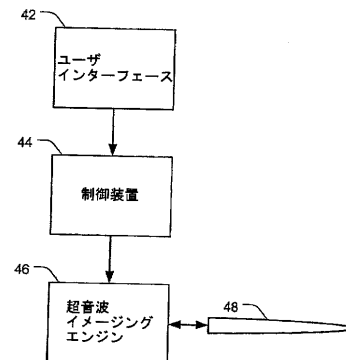


【図 3】

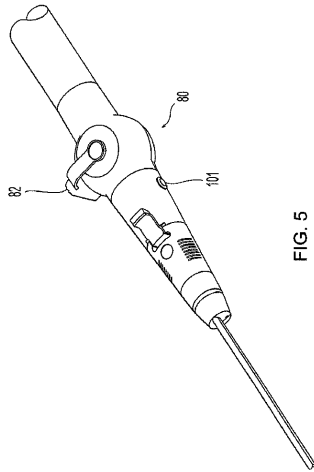


FIG. 3

【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 スコット・エル・ロス
アメリカ合衆国・ニューヨーク・１１５７７・イースト・ヒルズ・クレセント・レーン・２
- (72)発明者 ハロルド・エム・ヘイスティングス
アメリカ合衆国・ニューヨーク・１１５３０・ガーデン・シティ・リンバーク・ストリート・２３
- (72)発明者 エドワード・ポール・ハーレン
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・０２３３２・ダックスベリー・ミーティングハウス・ロード
・６７
- (72)発明者 ニコラス・ヘロン
アメリカ合衆国・ニューヨーク・１０００７・ニュー・ヨーク・パークレー・ストリート・１０・
アパートメント・２１・エフ

審査官 宮川 哲伸

- (56)参考文献 特開２００４－１３０１３６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１３０１３８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１３０１３５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２５３７７６（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５０００６１（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１７７３３６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００４／０８９２２１（ＷＯ，Ａ１）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ ８／００ - ８／１５

专利名称(译)	高帧率超声成像的温度管理		
公开(公告)号	JP5444213B2	公开(公告)日	2014-03-19
申请号	JP2010510512	申请日	2008-05-30
[标]申请(专利权)人(译)	艾玛克有限责任公司		
申请(专利权)人(译)	Imako LLC		
当前申请(专利权)人(译)	Imako公司		
[标]发明人	スコットエルロス ハロルドエムヘイステ エドワードポールハーレン ニコラスヘロン		
发明人	スコット・エル・ロス ハロルド・エム・ヘイスティングス エドワード・ポール・ハーレン ニコラス・ヘロン		
IPC分类号	A61B8/12		
CPC分类号	G01S7/5205 A61B8/12 A61B8/546 G01S7/52096 G01S15/899		
FI分类号	A61B8/12		
代理人(译)	村山彦 渡边 隆		
优先权	60/941480 2007-06-01 US		
其他公开文献	JP2010528720A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了保持超声波探头的温度下降，探头在很长一段时间内以低帧速率（相应地产生低热量）运行。探测操作仅在需要高时间分辨率时暂时切换到高帧速率，优选地在操作员控制下。探测器仅在高帧速率下操作一段短时间，在此期间获得具有高时间分辨率的图像突发。在捕获短脉冲图像之后，帧速率被削减，这减少了热量的产生。

【図 1】

