

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-89086
(P2018-89086A)

(43) 公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)

F I
A61B 8/14

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-234678 (P2016-234678)
(22) 出願日 平成28年12月2日(2016.12.2)

(71) 出願人 504157024
国立大学法人東北大学
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(74) 代理人 110001210
特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(72) 発明者 吉澤 晋
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
国立大学法人東北大学内
(72) 発明者 高木 亮
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
国立大学法人東北大学内

最終頁に続く

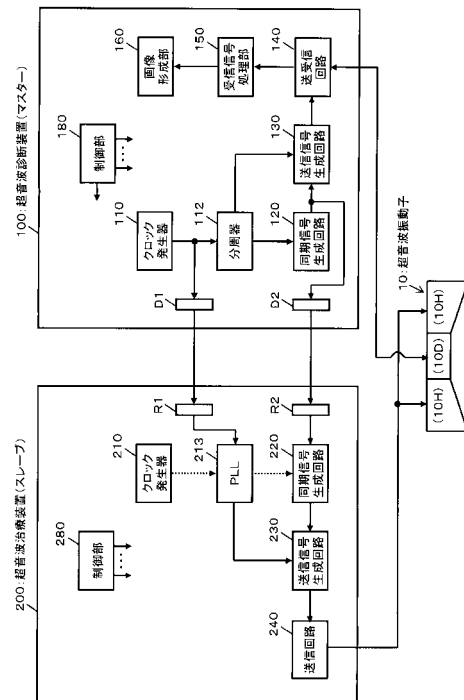
(54) 【発明の名称】 超音波医用システム

(57) 【要約】

【課題】診断用と治療用の2つの装置の信号処理に係る同期の精度を向上させる。

【解決手段】超音波医用システムは、超音波診断装置100と超音波治療装置200と超音波振動子10を有しており、超音波診断装置100と超音波治療装置200のうち的一方がマスターとなり他方がスレーブとなる。超音波診断装置100がマスターとなる場合には、送受信処理に利用されるクロック信号と送信同期信号が超音波診断装置100からスレーブとなる超音波治療装置200へ供給される。これにより、超音波診断装置100と超音波治療装置200の両装置間におけるクロックジッターが低減され、望ましくはクロックジッターを無くすることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

診断用と治療用の 2 つの装置を有しており一方を主装置とし他方を従属装置とする超音波医用システムにおいて、

前記主装置は、基本信号発生器を備え、前記基本信号発生器が発生する基本信号と前記基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行し、且つ、当該基本信号と当該同期信号の少なくとも一方を前記従属装置へ供給し、

前記従属装置は、信号処理回路を備え、前記主装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づいて前記信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行する、

ことを特徴とする超音波医用システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波医用システムにおいて、

前記従属装置は、前記主装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づく前記信号処理回路の信号処理により超音波の送信信号を生成する、

ことを特徴とする超音波医用システム。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の超音波医用システムにおいて、

診断用と治療用の 2 つの装置として、前記主装置となる超音波診断装置と前記従属装置となる超音波治療装置を有し、

前記超音波診断装置は、前記基本信号発生器を備え、前記基本信号発生器が発生する基本信号と当該基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行することにより診断用超音波の送信信号を生成し、且つ、当該基本信号と当該同期信号の少なくとも一方を前記超音波治療装置へ供給し、

前記超音波治療装置は、前記信号処理回路を備え、前記超音波診断装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づいて前記信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行することにより、治療用超音波の送信信号を生成する、

ことを特徴とする超音波医用システム。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の超音波医用システムにおいて、

診断用と治療用の 2 つの装置として、前記主装置となる超音波治療装置と前記従属装置となる超音波診断装置を有し、

前記超音波治療装置は、前記基本信号発生器を備え、前記基本信号発生器が発生する基本信号と当該基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行することにより治療用超音波の送信信号を生成し、且つ、当該基本信号と当該同期信号の少なくとも一方を前記超音波診断装置へ供給し、

前記超音波診断装置は、前記信号処理回路を備え、前記超音波治療装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づいて前記信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行することにより、診断用超音波の送信信号を生成する、

ことを特徴とする超音波医用システム。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 に記載の超音波医用システムにおいて、

前記超音波診断装置は、

治療部位に治療用超音波を送波することにより得られる超音波の受信情報と、前記治療部位に治療用超音波と共に診断用超音波を送波することにより得られる超音波の受信情報と、に基づく差分処理により差分情報を得る受信信号処理部と、

前記差分情報に基づいて前記治療部位の超音波画像を形成する画像形成部と、

をさらに備える、

ことを特徴とする超音波医用システム。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波医用システムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波の生体に対する安全性等の面から、超音波診断装置は医療の現場において広く普及している。特に、生体内の組織や胎児などの診断において、超音波診断装置は欠くことのできない存在となっている。さらに、近年においては、診断で発見された疾患等の治療への超音波の利用も期待されている。例えば、特許文献1には、治療用超音波を照射しつつ画像形成のための診断用超音波を送受する技術が記載されている。例えば、診断用超音波を送受する診断用装置と治療用超音波を送波する治療用装置を組み合わせた超音波医用システムにより、超音波による診断と治療の両立が実現できる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許出願公開第2009/0240148号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

診断用と治療用の2つの装置を有する超音波医用システムにより診断と治療の両立を実現するにあたっては、これら2つの装置が互いに連携して動作することが望ましい。例えば、これら2つの装置による信号処理を互いに同期させることが望ましい。

20

【0005】

本発明の目的は、診断用と治療用の2つの装置の信号処理に係る同期の精度を向上させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的にかなう好適な超音波医用システムは、診断用と治療用の2つの装置を有しており一方を主装置とし他方を従属装置とする超音波医用システムにおいて、前記主装置は、基本信号発生器を備え、前記基本信号発生器が発生する基本信号と前記基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行し、且つ、当該基本信号と当該同期信号の少なくとも一方を前記従属装置へ供給し、前記従属装置は、信号処理回路を備え、前記主装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づいて前記信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行することを特徴とする。

30

【0007】

上記構成において、診断用の装置は、例えば診断に利用される超音波画像を得るための超音波を送受する機能を備えている。診断用の装置の好適な具体例には超音波診断装置が含まれる。一方、治療用の装置は、例えば治療部位を加熱治療できる程度の比較的強度の大きい超音波を送波する機能を備えている。治療用の装置の好適な具体例には、例えば強力集束超音波(HIFU: High Intensity Focused Ultrasound)などの治療用超音波を送波する超音波治療装置が含まれる。

40

【0008】

また、上記構成において、診断用と治療用の2つの装置のうちの一方が主装置となり他方が従属装置となる。そして、主装置は、基本信号発生器を備えており、その基本信号発生器が発生する基本信号とその基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行し、且つ、それら基本信号と同期信号の少なくとも一方を従属装置へ供給する。従属装置は、信号処理回路を備えており、主装置から供給される基本信号と同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行する。これにより、診断用と治療用の2つの装置の信号処理に係る同期が実現される。例えば、基本信号がクロック信号であれば、主装置と従属装置の両装置において同じクロック

50

信号または同じクロック信号に基づく同期信号を利用した信号処理が実現されるため、両装置間におけるクロックジッター（クロック同士の同期ずれを含む）が低減され、望ましくはクロックジッターを無くすることができる。

【0009】

望ましい具体例において、前記従属装置は、前記主装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づく前記信号処理回路の信号処理により超音波の送信信号を生成することを特徴とする。

【0010】

望ましい具体例において、前記超音波医用システムは、診断用と治療用の2つの装置として、前記主装置となる超音波診断装置と前記従属装置となる超音波治療装置を有し、前記超音波診断装置は、前記基本信号発生器を備え、前記基本信号発生器が発生する基本信号と当該基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行することにより診断用超音波の送信信号を生成し、且つ、当該基本信号と当該同期信号の少なくとも一方を前記超音波治療装置へ供給し、前記超音波治療装置は、前記信号処理回路を備え、前記超音波診断装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づいて前記信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行することにより、治療用超音波の送信信号を生成することを特徴とする。

10

【0011】

望ましい具体例において、前記超音波医用システムは、診断用と治療用の2つの装置として、前記主装置となる超音波治療装置と前記従属装置となる超音波診断装置を有し、前記超音波治療装置は、前記基本信号発生器を備え、前記基本信号発生器が発生する基本信号と当該基本信号に基づく同期信号の少なくとも一方に基づいて信号処理を実行することにより治療用超音波の送信信号を生成し、且つ、当該基本信号と当該同期信号の少なくとも一方を前記超音波診断装置へ供給し、前記超音波診断装置は、前記信号処理回路を備え、前記超音波治療装置から供給される前記基本信号と前記同期信号の少なくとも一方に基づいて前記信号処理回路の処理タイミングを制御して信号処理を実行することにより、診断用超音波の送信信号を生成することを特徴とする。

20

【0012】

望ましい具体例において、前記超音波診断装置は、治療部位に治療用超音波を送波することにより得られる超音波の受信情報と、前記治療部位に治療用超音波と共に診断用超音波を送波することにより得られる超音波の受信情報と、に基づく差分処理により差分情報を得る受信信号処理部と、前記差分情報に基づいて前記治療部位の超音波画像を形成する画像形成部と、をさらに備えることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明により、診断用と治療用の2つの装置の信号処理に係る同期の精度が向上する。例えば、本発明の好適な態様によれば、診断用と治療用の2つの装置のうちの一方が主装置となり他方が従属装置となり、主装置と従属装置の両装置において同じクロック信号または同じクロック信号に基づく同期信号を利用した信号処理が実現される。これにより、例えば、両装置間におけるクロックジッターが低減され、望ましくはクロックジッターを無くすることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の好適な超音波医用システムの具体例1を示す図である。

【図2】本発明の好適な超音波医用システムの具体例2を示す図である。

【図3】同期信号生成回路の具体例を示す図である。

【図4】送信用情報（送信用データ）の具体例を示す図である。

【図5】同期信号生成回路の動作例を示すフローチャートである。

【図6】送信同期信号と送信信号の具体例を示すタイムチャートである。

【図7】差分処理の具体例1を説明するための図である。

50

【図 8】差分処理の具体例 2 を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図 1 と図 2 には、本発明の実施において好適な超音波医用システムの具体例が図示されている。図 1、図 2 の超音波医用システムは、超音波診断装置 100 と超音波治療装置 200 と超音波振動子 10 を有しており、超音波診断装置 100 と超音波治療装置 200 のうちの一方がマスター（主装置）となり他方がスレーブ（従属装置）となる。

【0016】

図 1 は、本発明の好適な超音波医用システムの具体例 1 を示す図である。図 1 に示す具体例 1 では、超音波診断装置 100 がマスターとなり超音波治療装置 200 がスレーブとなる。

10

【0017】

超音波振動子 10 は、HIFU 用振動子 10H と診断用振動子 10D を備えている。HIFU 用振動子 10H は、治療用超音波を送波する振動子であり、治療用超音波の好適な具体例は強力集束超音波（HIFU：High Intensity Focused Ultrasound）である。HIFU 用振動子 10H は、例えば二次元的に配列された複数の振動素子を備えており、例えば癌や腫瘍などの治療部位に向けて形成される治療用超音波ビームにより強力集束超音波を送波し、その治療部位を加熱して治療するために利用される。

【0018】

一方、超音波振動子 10 の診断用振動子 10D は、例えば一次元的に配列された複数の振動素子を備えており、例えば治療部位を有する被検体（患者）に対して、超音波画像を形成するための比較的弱い超音波を送受する。つまり、公知の一般的な超音波診断装置において超音波画像を形成する際に利用される超音波と同じ程度の強度（エネルギー）の超音波を送受する。診断用振動子 10D は、治療部位を含む断面内において診断用超音波ビームを走査する。なお、診断用振動子 10D は、例えば二次元的に配列された複数の振動素子を備え、これにより、治療部位を含む空間内において診断用超音波ビームが立体的に走査されてもよい。

20

【0019】

超音波振動子 10 は、例えば、お椀（どんぶり）状に凹ませた内部の表面を振動子面とする。そして、例えば、お椀状に凹んだ内部の中央に位置する底の部分に診断用振動子 10D が設けられ、診断用振動子 10D を取り囲むように HIFU 用振動子 10H が設けられる。なお、超音波振動子 10 の振動子面の形状は、お椀状に限定されず、例えば治療の用途等に応じた形状とされることが望ましい。また、全ての振動素子またはいくつかの振動素子が、HIFU 用と診断用の両用途に併用されてもよい。また、HIFU 用振動子 10H と診断用振動子 10D は、図 1 に示すように一体型の超音波振動子 10 を構成してもよいし、互いに物理的に離れた別体型であってもよい。

30

【0020】

超音波診断装置 100 は、超音波振動子 10 の診断用振動子 10D による診断用超音波の送受を制御する。超音波診断装置 100 は、クロック発生器 110 と分周器 112 と同期信号生成回路 120 と送信信号生成回路 130 と送受信回路 140 と受信信号処理部 150 と画像形成部 160 と制御部 180 を備えている。

40

【0021】

クロック発生器 110 は、超音波診断装置 100 の送受信処理に利用されるクロック信号を発生する。クロック発生器 110 の好適な具体例は、例えば数十 MHz（メガヘルツ）程度のクロック信号を発生する水晶発振器である。なお、クロック発生器 110 から得られるクロック信号が超音波診断装置 100 の画像形成処理や制御処理等に利用されてもよい。

【0022】

分周器 112 は、クロック発生器 110 から得られるクロック信号を分周処理して所望の周波数の分周信号（分周されたクロック信号）を生成する。例えば、クロック信号が 8

50

0 MHzであれば、分周器112の分周処理により、40 MHz、2.5 MHzなどの周波数の分周信号が生成される。

【0023】

同期信号生成回路120は、分周器112から得られる分周信号に基づいて送信同期信号を生成する。また、送信信号生成回路130は、分周器112から得られる分周信号と同期信号生成回路120から得られる送信同期信号に基づいて、診断用超音波の送信信号を生成する。

【0024】

送受信回路140は、診断用振動子10Dを構成する複数の振動素子の各々に対応した送信信号（診断用超音波の送信信号）を出力することにより、診断用振動子10Dを制御して診断用超音波の送信ビームを形成して走査する。送受信回路140は、例えば、送信信号生成回路130から得られる送信信号に対して、各振動素子ごとにその振動素子に応じた遅延処理等を施すことにより、複数の振動素子の各々に対応した送信信号を出力し、送信ビームを形成して送信ビームを走査する。つまり、送受信回路140は、診断用超音波の送信ビームフォーマの機能を有している。また、送受信回路140は、診断用振動子10Dを構成する複数の振動素子の各々から受信信号を得て後段の受信信号処理部150へ出力する。

【0025】

受信信号処理部150は、診断用振動子10Dを構成する複数の振動素子の各々から得られる受信信号に対して整相加算処理などを施すことにより受信ビームを形成し、受信ビームに沿って得られる受信信号（エコーデータ）を後段の受信信号処理部150へ出力する。つまり、受信信号処理部150は、受信ビームフォーマの機能を有している。なお、送受信回路140において受信ビームが形成されてもよい。

【0026】

画像形成部160は、受信信号処理部150から得られる受信信号（エコーデータ）に基づいて、治療部位の超音波画像を形成する。画像形成部160は、例えば、治療部位のBモード画像を形成する。なお、診断用振動子10Dが二次元的に配列された複数の振動素子を備えている場合には、治療部位を立体的に映し出した三次元超音波画像が形成されてもよい。画像形成部160において形成された超音波画像は、ディスプレイ等に表示される。

【0027】

制御部180は、超音波診断装置100内を全体的に制御する。制御部180による全体的な制御には、操作デバイス等を介して、医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。なお、超音波診断装置100がマスターとなる場合には、超音波診断装置100の制御部180が図1の超音波医用システム全体の集中的な制御を行うようにしてもよい。

【0028】

図1の具体例1では、送受信処理に利用されるクロック信号と送信同期信号がマスターとなる超音波診断装置100からスレーブとなる超音波治療装置200へ供給される。例えば、超音波診断装置100のクロック発生器110が発生したクロック信号がドライバD1から出力され、ドライバD1から出力されるクロック信号を超音波治療装置200のレシーバR1が取得する。例えば、ドライバD1とレシーバR1との間において、差動出力と差動入力によりクロック信号が伝送されることが望ましい。

【0029】

また、例えば、超音波診断装置100の同期信号生成回路120が生成した送信同期信号がドライバD2から出力され、ドライバD2から出力される送信同期信号を超音波治療装置200のレシーバR2が取得する。例えば、ドライバD2とレシーバR2との間において、差動出力と差動入力により送信同期信号が伝送されることが望ましい。

【0030】

超音波治療装置200は、超音波振動子10の治療用振動子10Hによる治療用超音波

10

20

30

40

50

の送波を制御する。超音波治療装置 200 は、クロック発生器 210 と PLL 213 と同期信号生成回路 220 と送信信号生成回路 230 と送信回路 240 を備えている。

【0031】

クロック発生器 210 はクロック信号を発生する。クロック発生器 210 の好適な具体例は、例えば、数十 MHz (メガヘルツ) 程度のクロック信号を発生する水晶発振器である。なお、図 1 の具体例 1 では、超音波治療装置 200 がスレーブとなるため、マスターとなる超音波診断装置 100 からレシーバ R1 を介して得られるクロック信号が超音波治療装置 200 の送信処理に利用される。なお、超音波治療装置 200 をスレーブとしない場合には、クロック発生器 210 から得られるクロック信号が超音波治療装置 200 の送信処理や制御処理等に利用されてもよい。

10

【0032】

PLL 213 は、クロック信号を分周処理して所望の周波数の分周信号 (分周されたクロック信号) を生成する。図 1 に示す具体例 1 では、超音波治療装置 200 がスレーブであるため、超音波治療装置 200 は、超音波診断装置 100 から得られるクロック信号と送信同期信号を利用して、治療用超音波の送波を制御する。

【0033】

つまり、PLL 213 は、レシーバ R1 から得られるクロック信号を分周処理して所望の周波数の分周信号 (分周されたクロック信号) を生成する。また、同期信号生成回路 220 は、レシーバ R2 から得られる診断用超音波の送信同期信号に基づいて、治療用超音波の送信同期信号を生成する。そして、送信信号生成回路 230 は、PLL 213 から得られる分周信号と同期信号生成回路 220 から得られる送信同期信号に基づいて、治療用超音波の送信信号を生成する。

20

【0034】

送信回路 240 は、治療用振動子 10H を構成する複数の振動素子の各々に対応した送信信号 (治療用超音波の送信信号) を出力することにより、治療用振動子 10H を制御して治療用超音波の送信ビームを形成する。送信回路 240 は、例えば、送信信号生成回路 230 から得られる送信信号に対して、各振動素子ごとにその振動素子に応じた遅延処理等を施すことにより、複数の振動素子の各々に対応した送信信号を出力して送信ビームを形成する。つまり、送信回路 240 は、治療用超音波の送信ビームフォーマの機能を有している。

30

【0035】

制御部 280 は、超音波治療装置 200 内を全体的に制御する。制御部 280 による全体的な制御には、操作デバイス等を介して、医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。なお、超音波治療装置 200 がスレーブとなる場合には、超音波診断装置 100 の制御部 180 により超音波治療装置 200 が制御される構成としてもよい。

【0036】

図 1 の具体例 1 では、送受信処理に利用されるクロック信号と送信同期信号がマスターとなる超音波診断装置 100 からスレーブとなる超音波治療装置 200 へ供給される。したがって、超音波診断装置 100 と超音波治療装置 200 の両装置において同じクロック信号または同じクロック信号に基づく送信同期信号を利用した送信処理 (送信制御) が実現される。これにより、例えば、超音波診断装置 100 と超音波治療装置 200 の両装置間におけるクロックジッター (クロック同士の同期ずれを含む) が低減され、望ましくはクロックジッターを無くすることができる。

40

【0037】

図 2 は、本発明の好適な超音波医用システム的具体例 2 を示す図である。図 2 に示す具体例 2 では、超音波治療装置 200 がマスターとなり超音波診断装置 100 がスレーブとなる。なお、図 2 と図 1 において、互いに同じ符号が付された部分 (ブロック) は、互いに同じ構成と機能を有している。そこで、図 1 を利用して既に説明した構成と機能については説明を簡略または省略し、図 1 との相違を中心に図 2 に示す具体例 2 を説明する。

【0038】

50

図 2 に示す具体例 2 では、超音波治療装置 200 がマスターとなる。クロック発生器 210 は、超音波治療装置 200 の送信処理に利用されるクロック信号を発生する。クロック発生器 210 の好適な具体例は、例えば数十 MHz (メガヘルツ) 程度のクロック信号を発生する水晶発振器である。なお、クロック発生器 210 から得られるクロック信号が超音波治療装置 200 の制御処理等に利用されてもよい。

【0039】

分周器 212 は、クロック発生器 210 から得られるクロック信号を分周処理して所望の周波数の分周信号 (分周されたクロック信号) を生成する。例えば、クロック信号が 80 MHz であれば、分周器 212 の分周処理により、40 MHz、0.5 ~ 2.0 MHz などの周波数の分周信号が生成される。

10

【0040】

同期信号生成回路 220 は、分周器 212 から得られる分周信号に基づいて送信同期信号を生成する。また、送信信号生成回路 230 は、分周器 212 から得られる分周信号と同期信号生成回路 220 から得られる送信同期信号に基づいて、治療用超音波の送信信号を生成する。

【0041】

制御部 280 は、超音波治療装置 200 内を全体的に制御する。制御部 280 による全体的な制御には、操作デバイス等を介して、医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。なお、超音波治療装置 200 がマスターとなる場合には、超音波治療装置 200 の制御部 280 が図 2 の超音波医用システム全体の集中的な制御を行うようにしてもよい。

20

【0042】

図 2 の具体例 2 では、送受信処理に利用されるクロック信号と送信同期信号がマスターとなる超音波治療装置 200 からスレーブとなる超音波診断装置 100 へ供給される。例えば、超音波治療装置 200 のクロック発生器 210 が発生したクロック信号がドライバ D1 から出力され、ドライバ D1 から出力されるクロック信号を超音波診断装置 100 のレシーバ R1 が取得する。例えば、ドライバ D1 とレシーバ R1 との間において、差動出力と差動入力によりクロック信号が伝送されることが望ましい。

【0043】

また、例えば、超音波治療装置 200 の同期信号生成回路 220 が生成した送信同期信号がドライバ D2 から出力され、ドライバ D2 から出力される送信同期信号を超音波診断装置 100 のレシーバ R2 が取得する。例えば、ドライバ D2 とレシーバ R2 との間において、差動出力と差動入力により送信同期信号が伝送されることが望ましい。

30

【0044】

図 2 に示す具体例 2 では、超音波診断装置 100 がスレーブであるため、超音波診断装置 100 は、超音波治療装置 200 から得られるクロック信号と送信同期信号を利用して診断用超音波の送波を制御する。

【0045】

つまり、PLL 113 は、レシーバ R1 から得られるクロック信号を分周処理して所望の周波数の分周信号 (分周されたクロック信号) を生成する。また、同期信号生成回路 120 は、レシーバ R2 から得られる治療用超音波の送信同期信号に基づいて、診断用超音波の送信同期信号を生成する。そして、送信信号生成回路 130 は、PLL 113 から得られる分周信号と同期信号生成回路 120 から得られる送信同期信号に基づいて、診断用超音波の送信信号を生成する。

40

【0046】

制御部 180 は、超音波診断装置 100 内を全体的に制御する。制御部 180 による全体的な制御には、操作デバイス等を介して、医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。なお、超音波診断装置 100 がスレーブとなる場合には、超音波治療装置 200 の制御部 280 により超音波診断装置 100 が制御される構成としてもよい。

【0047】

50

図2の具体例2では、送受信処理に利用されるクロック信号と送信同期信号がマスターとなる超音波治療装置200からスレーブとなる超音波診断装置100へ供給される。したがって、超音波診断装置100と超音波治療装置200の両装置において同じクロック信号または同じクロック信号に基づく送信同期信号を利用した送信処理（送信制御）が実現される。これにより、例えば、超音波診断装置100と超音波治療装置200の両装置間におけるクロックジッター（クロック同士の同期ずれを含む）が低減され、望ましくはクロックジッターを無くすことができる。

【0048】

図3は、同期信号生成回路の具体例を示す図である。図3には、図1，図2の同期信号生成回路（符号120，220）の内部構成の具体例が図示されている。

10

【0049】

図3に示す具体例において、同期信号生成回路は、同期信号用メモリと繰り返し回数カウンタと同期周期生成回路を備えている。同期信号用メモリは例えば半導体メモリ等により構成され、同期信号用メモリには送信用情報（送信用データ）が記憶される。

【0050】

図4は、送信用情報（送信用データ）の具体例を示す図である。図4には、同期信号用メモリ（図3）に記憶される送信用情報（送信用データ）の具体例が図示されている。

【0051】

図4に示す具体例において、送信用情報は、複数のメモリアドレス0000～0007で構成されており、各メモリアドレスごとに、送信状態（送信/非送信/停止）と同期周期と繰り返し回数を示すデータで構成されている。

20

【0052】

図3に戻り、同期周期生成回路は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報（図4）に基づいて同期周期を生成する。また、繰り返し回数カウンタは、送信同期信号の各パルスを繰り返す回数をカウントする。

【0053】

図5は、同期信号生成回路の動作例を示すフローチャートである。また、図6は、送信同期信号と送信信号の具体例を示すタイムチャートである。図6に示す具体例は、図3の同期信号生成回路が、図4の送信用情報（送信用データ）に基づいて、図5の動作例に従って動作することにより得られる。そこで、図4，図6を参照しつつ、図5のフローチャートに従って、図3の同期信号生成回路の動作例を説明する。

30

【0054】

まず、S501において、同期信号生成回路（図3）の同期信号用メモリ内に送信用情報（図4）が読み込まれる。例えば、超音波医用システム（図1，図2）の動作モード（治療+診断モード，診断のみのモードなど）に応じた送信用情報が同期信号生成回路（図3）の同期信号用メモリ内に書き込まれる。なお、送信用情報は、予め同期信号用メモリ内に記憶されていてもよい。以下においては、図4の送信用情報が同期信号用メモリ内に記憶された場合の具体例を説明する。

【0055】

S502において、同期信号生成回路（図3）の同期周期生成回路は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報（図4）に基づいて同期周期を生成する。また、S503において、同期信号生成回路（図3）の繰り返し回数カウンタは、送信同期信号の各パルスの繰り返し回数をカウントする。そして、全ての送信シーケンスが終了するまで、S501からS503のステップが繰り返され、S504において全ての送信シーケンスの終了が確認されると、図5のフローチャートに示す動作例が終了する。

40

【0056】

例えば、図4に示す送信用情報に基づく図5のフローチャートに従った動作例により、図6に示すタイムチャートが得られる。

【0057】

図6に示す具体例では、開始のタイミングから送信信号が生成される。例えば、開始の

50

タイミングにおいて、メモリアドレスは0(0000)である。同期周期生成回路(図3)は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報(図4)のメモリアドレス0000のデータに基づいて同期周期を100 μ s(マイクロ秒)とする。また、繰り返し回数カウンタ(図3)は、送信同期信号の各パルスを繰り返す回数をカウントする。送信用情報(図4)のメモリアドレス0000に対応した繰り返し回数は「2」である。そのため、図6に示すように、同期信号生成回路は、メモリアドレス0000に対応した送信同期信号として、同期周期100 μ sの間隔でパルス(0-1)とパルス(0-2)の2つのパルスを生成する。

【0058】

図6に示す具体例において、メモリアドレス0(0000)に続くメモリアドレスは1(0001)である。同期周期生成回路(図3)は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報(図4)のメモリアドレス0001のデータに基づいて同期周期を200 μ sとする。また、送信用情報(図4)のメモリアドレス0001に対応した繰り返し回数は「1」である。そのため、図6に示すように、同期信号生成回路は、メモリアドレス0001に対応した送信同期信号として、同期周期200 μ sの1つのパルス(1-1)を生成する。

10

【0059】

図6に示す具体例において、メモリアドレス1(0001)に続くメモリアドレスは2(0002)である。同期周期生成回路(図3)は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報(図4)のメモリアドレス0002のデータに基づいて同期周期を300 μ sとする。また、送信用情報(図4)のメモリアドレス0002に対応した繰り返し回数は「1」である。そのため、図6に示すように、同期信号生成回路は、メモリアドレス0002に対応した送信同期信号として、同期周期300 μ sの1つのパルス(2-1)を生成する。

20

【0060】

図6に示す具体例において、メモリアドレス2(0002)に続くメモリアドレスは3(0003)である。同期周期生成回路(図3)は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報(図4)のメモリアドレス0003のデータに基づいて同期周期を100 μ sとする。また、送信用情報(図4)のメモリアドレス0003に対応した繰り返し回数は「2」である。そのため、図6に示すように、同期信号生成回路は、メモリアドレス0003に対応した送信同期信号として、同期周期100 μ sの間隔でパルス(3-1)とパルス(3-2)の2つのパルスを生成する。

30

【0061】

図6に示す具体例において、メモリアドレス3(0003)に続くメモリアドレスは4(0004)である。同期周期生成回路(図3)は、同期信号用メモリに記憶された送信用情報(図4)のメモリアドレス0004のデータに基づいて同期周期を200 μ sとする。また、送信用情報(図4)のメモリアドレス0004に対応した繰り返し回数は「1」である。そのため、図6に示すように、同期信号生成回路は、メモリアドレス0004に対応した送信同期信号として、同期周期200 μ sの1つのパルス(4-1)を生成する。

40

【0062】

そして、図6に示す具体例において、メモリアドレス4(0004)に続くメモリアドレスは5(0005)であり、送信用情報(図4)のメモリアドレス0005は送信状態が「停止」であるため、送信同期信号の生成が停止される。

【0063】

また、図6には、送信信号のタイムチャートも図示されている。同期周期生成回路から図6の送信同期信号が得られると、送信信号生成回路(図1,図2の符号130,230)により図6の送信信号が生成される。

【0064】

図6に示す具体例において、送信同期信号のパルス(0-1)(0-2)(1-1)は

50

送信状態が「送信」であるメモリアドレス0000とメモリアドレス0001に基づくパルスである。そのため、送信信号生成回路は、送信同期信号のパルス(0-1)(0-2)(1-1)に対応した期間において送信信号を出力する。

【0065】

また、図6に示す具体例において、送信同期信号のパルス(2-1)は、送信状態が「非送信」であるメモリアドレス0002に基づくパルスである。そのため、送信信号生成回路は、送信同期信号のパルス(2-1)に対応した期間において送信信号を非送信状態(例えば振幅ゼロ)とする。

【0066】

さらに、図6に示す具体例において、送信同期信号のパルス(3-1)(3-2)(4-1)は、送信状態が「送信」であるメモリアドレス0003とメモリアドレス0004に基づくパルスである。そのため、送信信号生成回路は、送信同期信号のパルス(3-1)(3-2)(4-1)に対応した期間において送信信号を出力する。

10

【0067】

そして、図6に示す具体例において、メモリアドレス4(0004)に続くメモリアドレス5(0005)は送信状態が「停止」であるため、送信信号生成回路は、送信同期信号のパルス(4-1)に対応した200 μ sの期間後に送信信号の出力を停止する。

【0068】

図1,図2の超音波医用システムは、治療用超音波の好適な具体例である強力集束超音波(HIFU)を照射して治療部位の治療を行いつつ、診断用超音波を送受して治療部位の超音波画像を形成することができる。具体的には、治療部位に治療用超音波(強力集束超音波)を送波することにより得られる第1超音波と、治療部位に治療用超音波と共に診断用超音波を送波することにより得られる第2超音波が受波され、第2超音波に対応した受信情報と第1超音波に対応した受信情報に基づく差分処理が行われる。

20

【0069】

図7は、差分処理の具体例1を説明するための図である。図7(1)には、治療部位に治療用超音波であるHIFUを送波することにより得られる第1受信信号が図示されている。図7(1)の第1受信信号は、診断用振動子10Dから診断用超音波を送波せずにHIFU用振動子10Hから治療部位に対してHIFUを送波し、診断用振動子10Dの各振動素子ごとに得られる受波信号に対応している。

30

【0070】

図7(2)には、治療部位にHIFUを送波すると共に診断用超音波を送波することにより得られる第2受信信号が図示されている。図7(2)の第2受信信号は、HIFU用振動子10Hから治療部位Pに対してHIFUを送波しつつ、診断用振動子10Dから診断用超音波を送波することにより、診断用振動子10Dの各振動素子ごとに得られる受波信号に対応している。なお、図7(2)の第2受信信号には、診断用超音波が送波されずにHIFUのみが送波されて得られた受信信号の期間であるHIFU応答期間と、HIFUと共に診断用超音波が送波されて得られた受信信号の期間であるHIFU+診断応答期間が含まれている。

【0071】

そして、図7(3)には、第2受信信号から第1受信信号を差し引く(差分処理することにより得られる差分信号が図示されている。図7に示す具体例において、受信信号処理部150(図1,図2)は、診断用振動子10Dの各振動素子ごとに、第2受信信号から第1受信信号を差し引くことにより、差分信号を形成する。

40

【0072】

第2受信信号は、治療用超音波であるHIFUと共に診断用超音波を送波して得られる受信信号であるため、診断用超音波に伴う受信信号成分とHIFUに伴う受信信号成分を含んでいる。一方、第1受信信号は、HIFUのみを送波して得られる受信信号であるため、HIFUに伴う受信信号成分のみとなる。したがって、第2受信信号から第1受信信号を差し引くことにより、診断用超音波に伴う受信信号成分が支配的となった、望ましく

50

は、診断用超音波に伴う受信信号成分のみとなった差分信号が得られる。

【0073】

受信信号処理部150は、例えば、第2受信信号のHIFU応答期間における波形と第1受信信号の波形に基づいて、これらの2つの波形の位相と振幅を互いに揃えてから差分処理を実行することが望ましい。なお、第2受信信号のHIFU応答期間における波形に基づいて第1受信信号が形成されてもよい。つまり、第2受信信号のHIFU応答期間が第1受信信号として利用されてもよい。

【0074】

そして、受信信号処理部150は、例えば、診断用振動子10Dの複数の振動素子（全素子）に対応した複数の差分信号に対して、公知の整相加算処理（ビームフォーミング）を実行して各受信ビームごとにビームデータを形成する。さらに、各受信ビームごとに得られるビームデータ（受信信号）に基づいて、画像形成部160（図1，図2）が治療部位の超音波画像を形成する。

【0075】

図8は、差分処理の具体例2を説明するための図である。図8（1）には、治療部位に治療用超音波であるHIFUを送波することにより得られる整相加算処理後の第1受信信号（整相後第1受信信号）が図示されている。図8（1）の整相後第1受信信号は、診断用振動子10Dから診断用超音波を送波せず、HIFU用振動子10Hから治療部位Pに対してHIFUを送波し、診断用振動子10Dの各振動素子ごとに得られる受波信号を整相加算処理することにより得られる。

【0076】

図8（2）には治療部位にHIFUを送波すると共に診断用超音波を送波することにより得られる整相加算処理後の第2受信信号（整相後第2受信信号）が図示されている。図8（2）の整相後第2受信信号は、HIFU用振動子10Hから治療部位Pに対してHIFUを送波しつつ、診断用振動子10Dから診断用超音波を送波することにより、診断用振動子10Dの各振動素子ごとに得られる受波信号を整相加算処理することにより得られる。なお、図8（2）の整相後第2受信信号には、診断用超音波が送波されずにHIFUのみが送波されて得られたHIFU信号と、HIFUと共に診断用超音波が送波されることによりHIFU信号に重畳される組織信号が含まれている。

【0077】

そして、図8（3）には、整相後第2受信信号から整相後第1受信信号を差し引く（差分処理する）ことにより得られる整相後差分信号が図示されている。図8に示す具体例2において、受信信号処理部150は、整相加算処理後に得られる整相後第2受信信号から整相後第1受信信号を差し引くことにより、整相後差分信号を形成する。

【0078】

整相後第2受信信号は、治療用超音波であるHIFUと共に診断用超音波を送波して得られる受信信号であるため、診断用超音波に伴う組織信号の成分とHIFUに伴うHIFU信号の成分を含んでいる。一方、整相後第1受信信号は、HIFUのみを送波して得られる受信信号であるため、HIFUに伴うHIFU信号の成分のみとなる。したがって、整相後第2受信信号から整相後第1受信信号を差し引くことにより、診断用超音波に伴う組織信号の成分が支配的となった、望ましくは、組織信号の成分のみとなった整相後差分信号が得られる。

【0079】

受信信号処理部150は、例えば、整相後第2受信信号のHIFU信号のみの期間における波形と整相後第1受信信号の波形に基づいて、これらの2つの波形の位相と振幅を互いに揃えてから差分処理を実行することが望ましい。なお、整相後第2受信信号のHIFU信号のみの期間における波形に基づいて整相後第1受信信号が形成されてもよい。

【0080】

こうして、診断用超音波に伴う組織信号の成分が支配的となった、望ましくは、組織信号の成分のみとなった整相後差分信号に基づいて、画像形成部160（図1，図2）が治

10

20

30

40

50

療部位の超音波画像を形成する。

【0081】

図1, 図2の超音波医用システムは、例えば、図7または図8の差分処理により、治療用超音波の好適な具体例である強力集束超音波(HIFU)を照射して治療部位の治療を行いつつ、診断用超音波を送受して治療部位の超音波画像を形成することができる。さらに、図1, 図2の超音波医用システムが有する超音波診断装置100と超音波治療装置200の両装置において同じクロック信号または同じクロック信号に基づく送信同期信号を利用した送信処理(送信制御)が実現されており、例えば両装置間におけるクロックジッターが低減され、望ましくはクロックジッターが解消されている。そのため、両装置間におけるクロックジッターが低減されていない場合に比べて、図7または図8の差分処理において発生が懸念される不要ノイズ(例えばクロックジッターに伴うドブラシフト信号のようなノイズ)が低減され、望ましくは不要ノイズを無くすることができる。

10

【0082】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、上述した実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明は、その本質を逸脱しない範囲で各種の変形形態を包含する。なお、本発明に係る超音波医用システムを利用した治療等は医師等の専門家の指導の下で十分に慎重に行われるべきことは言うまでもない。

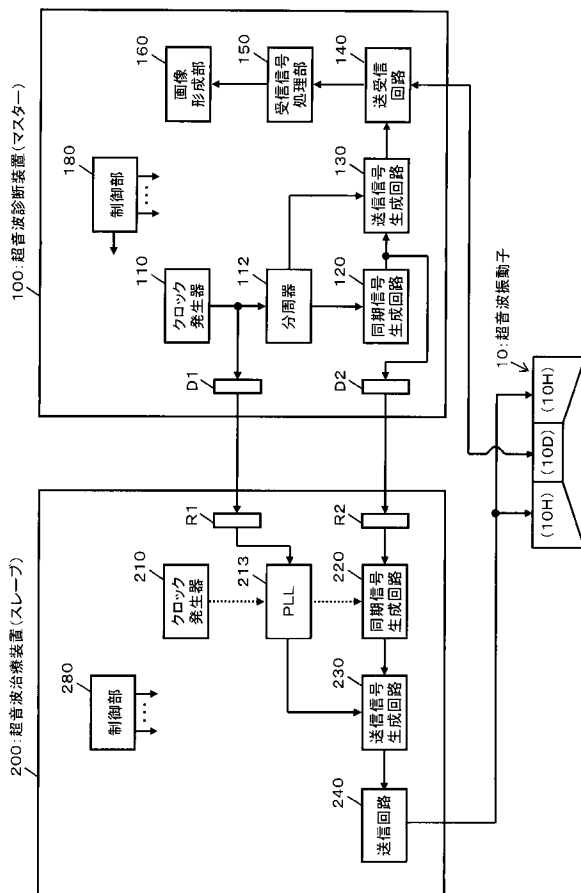
【符号の説明】

【0083】

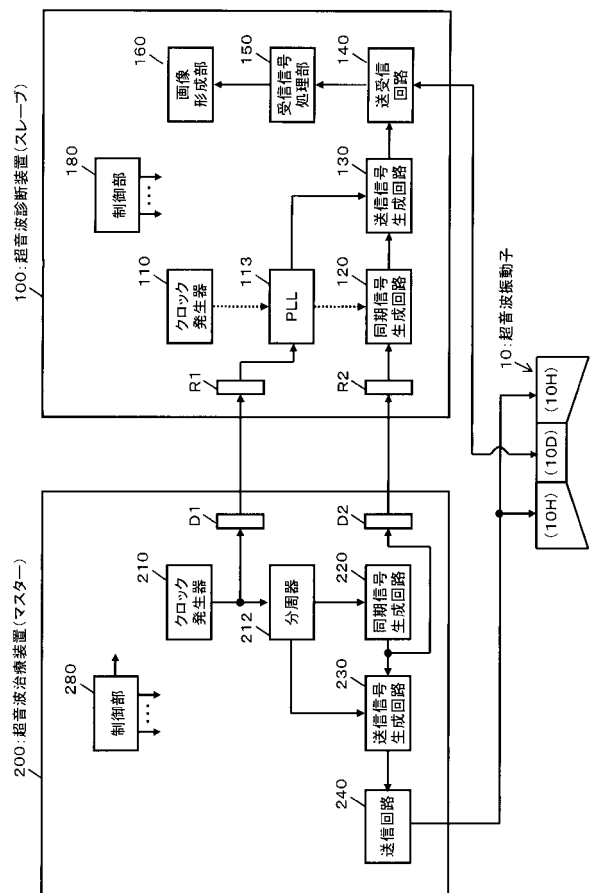
10 超音波振動子、100 超音波診断装置、110 クロック発生器、112 分周器、113 PLL、120 同期信号生成回路、130 送信信号生成回路、140 送受信回路、150 受信信号処理部、160 画像形成部、180 制御部、200 超音波治療装置、210 クロック発生器、212 分周器、213 PLL、220 同期信号生成回路、230 送信信号生成回路、240 送信回路、280 制御部。

20

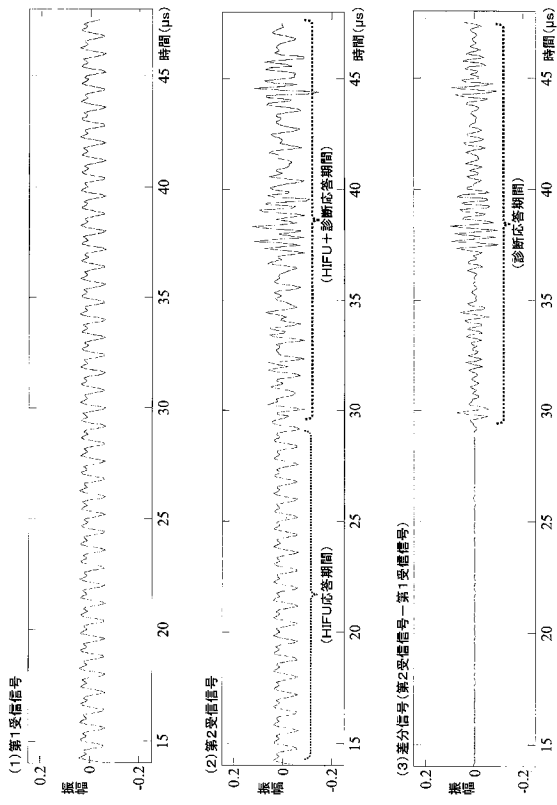
【図1】



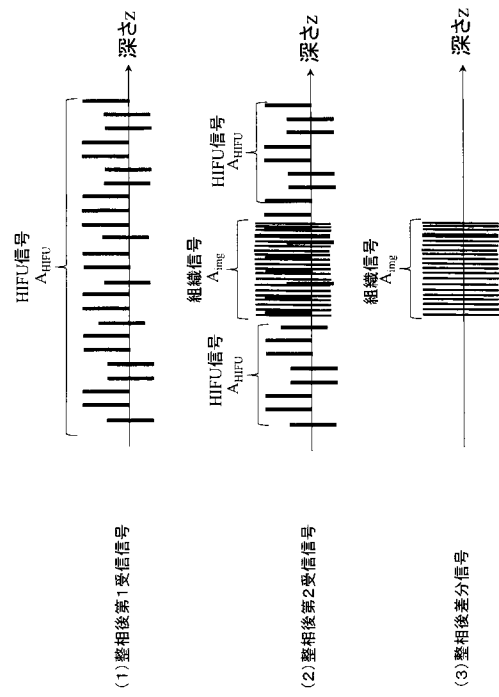
【図2】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 梅村 晋一郎

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

(72)発明者 玉野 聡

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

Fターム(参考) 4C601 EE02 EE09 FF11 HH12 LL21

