

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7403226号
(P7403226)

(45)発行日 令和5年12月22日(2023.12.22)

(24)登録日 令和5年12月14日(2023.12.14)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 1 S	15/89 (2006.01)	G 0 1 S	15/89 A
G 0 1 S	7/523(2006.01)	G 0 1 S	7/523
G 0 1 S	15/96 (2006.01)	G 0 1 S	15/96
請求項の数 8 外国語出願 (全15頁)			
(21)出願番号	特願2019-37428(P2019-37428)	(73)特許権者	519069637
(22)出願日	平成31年3月1日(2019.3.1)		コーダ・オクトパス・グループ・インコ
(65)公開番号	特開2020-46415(P2020-46415A)		ーポレイテッド
(43)公開日	令和2年3月26日(2020.3.26)		アメリカ合衆国・フロリダ・3 4 7 8 6
審査請求日	令和4年2月16日(2022.2.16)		・ウィンダミア・コンロイ・ウィンダミ
(31)優先権主張番号	15/953,423		ア・ロード・9 1 0 0・スイート・2 0
(32)優先日	平成30年4月14日(2018.4.14)		0
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74)代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉
		(74)代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦
		(72)発明者	マルティン・スロス
			イギリス・K Y 1・4 S B・ファイフ・
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 擬似ランダム周波数ソナーピング生成

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

(a)ソナー撮像装置によって、ある容量の流体に1つまたは一連のソナーピングを用いて音波を当てるステップであって、前記ある容量の流体がゼロ個以上の物体を含み、前記1つまたは一連のソナーピングのうちの少なくとも1つが前記ソナーピングの期間中に著しく変化する周波数を有し、前記周波数変化が単調増加も単調減少もしない、ステップと、

(b)前記ゼロ個以上の物体から反射された前記1つまたは一連のソナーピングのうちの前記少なくとも1つからソナー信号を受信するステップであって、前記ソナー信号が水中聴音器の大きいアレイによって受信され、水中聴音器の前記大きいアレイの各々がアナログ電圧対時間電気信号を生成し、前記アナログ電圧対時間電気信号が水中聴音器の前記大きいアレイの各々によって受信される前記ソナー信号の位相および強度を示す生データの点の第1の集合を含む、ステップと、

(c)第2の集合を生成するステップであって、前記第2の集合は、生データの点の前記第1の集合を部分的に畳み込むことによって生成される部分集合であり、生データの点の前記第2の集合が前記ゼロ個以上の物体から反射され水中聴音器の前記大きいアレイ中の各水中聴音器によって受信された前記ソナー信号の前記位相のみのデジタル表現であり、生データの点の前記第2の集合が各水中聴音器についてnビットの数を含み、nが3より小さい正の整数である、ステップと、

(d)前記畳み込みデータを生成する前記ステップに続いて、前記ソナー撮像装置のビーム形成器によって、前記第2の集合の生データの点のみをビーム形成する、ステップと、

を含む、方法。

【請求項2】

(a)ソナー撮像装置によって、ある容量の流体に少なくとも1つまたは一連のソナーピングを用いて音波を当てるステップであって、前記ある容量の流体がゼロ個以上の物体を含み、前記1つまたは一連のソナーピングのうちの少なくとも1つが擬似ランダム周波数パターンを有し、前記擬似ランダム周波数パターンが均一な周波数でなく、単調増加する周波数でもなく、単調減少する周波数でもない、ステップと、

(b)前記ゼロ個以上の物体から反射された前記1つまたは一連のソナーピングのうちの前記少なくとも1つからソナー信号を受信するステップであって、前記ソナー信号が水中聴音器の大きいアレイによって受信され、水中聴音器の前記大きいアレイの各々がアナログ電圧対時間電気信号を生成し、前記アナログ電圧対時間電気信号が水中聴音器の前記大きいアレイの各々によって受信される前記ソナー信号の位相および強度を示す生データの点の第1の集合を含む、ステップと、

(c)第2の集合を生成するステップであって、前記第2の集合は、生データの点の前記第1の集合を部分的に畳み込むことによって生成される部分集合であり、生データの点の前記第2の集合が前記ゼロ個以上の物体から反射され水中聴音器の前記大きいアレイ中の各水中聴音器によって受信された前記ソナー信号の前記位相のみのデジタル表現であり、生データの点の前記第2の集合が各水中聴音器についてnビットの数を含み、nが3より小さい正の整数である、ステップと、

(d)前記畳み込みデータを生成する前記ステップに続いて、前記ソナー撮像装置のビーム形成器によって、前記第2の集合の生データの点のみをビーム形成する、ステップと、を含む、方法。

【請求項3】

前記擬似ランダム周波数パターンが擬似ランダム周波数パターンの集合から選択され、擬似ランダム周波数パターンの前記集合が、物体の様々な集合から反射されるソナー信号を検出するためのアレイ検出器に対して様々な範囲および角度における物体の前記様々な集合に当たる、可能な周波数パターンのピングのコンピュータモデルを走らせ、前記モデルの結果を分析し、かつ基準にしたがって擬似ランダム周波数パターンの前記集合を選択することによって生成される、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

1つの基準が、前記音波を当てるソナーピングの擬似ランダム周波数パターンと受信ソナー信号の畳み込みがピークを有する畳み込み曲線に戻し、前記ピークの下面積が決められた面積より大きい、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

1つの基準は、選択された周波数パターンの前記集合のうちの1つの要素の送出信号を、同じ集合の別の要素の受信信号と畳み込むことによって戻される畳み込み曲線がピークを有さず、ピークの下面積が決められた面積より大きい、請求項3に記載の方法。

【請求項6】

ステップ(a)がさらに

前記ある容量の流体に少なくとも2つのソナーピングを用いて音波を当てるステップであって、前記少なくとも2つのソナーピングの各々のパターンが擬似ランダム周波数パターンの前記集合から選択される異なるパターンであり、前記少なくとも2つのソナーピングからの反射されたソナー信号がソナー信号を検出するためのアレイ検出器において重なり合った信号として到達するときに、前記少なくとも2つのソナーピングが送信される、ステップ

を含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

(a)ソナー撮像装置によって、ある容量の流体に少なくとも1つまたは一連のソナーピングを用いて音波を当てるステップであって、前記ある容量の流体がゼロ個以上の物体を含み、前記1つまたは一連のソナーピングのうちの少なくとも1つが擬似ランダム周波数パタ

ーンを有する、ステップと、

(b)前記ゼロ個以上の物体から反射された前記1つまたは一連のソナーピングのうちの前記少なくとも1つからソナー信号を受信するステップであって、前記ソナー信号が水中聴音器の大きいアレイによって受信され、水中聴音器の前記大きいアレイの各々がアナログ電圧対時間電気信号を生成し、前記アナログ電圧対時間電気信号が水中聴音器の前記大きいアレイの各々によって受信される前記ソナー信号の位相および強度を示す生データの点の第1の集合を含む、ステップと、

(c)第2の集合を生成するステップであって、前記第2の集合は、生データの点の前記第1の集合を部分的に畳み込むことによって生成される部分集合であり、生データの点の前記第2の集合が前記ゼロ個以上の物体から反射され水中聴音器の前記大きいアレイ中の各水中聴音器によって受信された前記ソナー信号の前記位相のみのデジタル表現であり、生データの点の前記第2の集合が各水中聴音器についてnビットの数を含み、nが3より小さい正の整数である、ステップと、

(d)前記畳み込みデータを生成する前記ステップに続いて、前記ソナー撮像装置のビーム形成器によって、前記第2の集合の生データの点のみをビーム形成する、ステップと、を含む、方法。

【請求項8】

前記基準は、所定の範囲における差を持つ2つの物体から反射されたソナー信号がそれぞれ区別可能であることである、請求項3に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の分野は、ソナーパルス(ピング)で流体の水域に音波を当て、流体中の疎な物体からのソナーピング反射を測定する分野である。

【0002】

以下の米国特許および米国特許出願、すなわち、8月20日にHansenらに発行された米国特許第6,438,071号、2008年12月16日にHansenに発行された米国特許第7,466,628号、Hansenに2009年2月10日に発行された米国特許第7,489,592号、2011年11月15日にSlossに発行された米国特許第8,059,486号、2011年3月1日にSlossに発行された米国特許第7,898,902号、2014年10月7日にSlossに発行された米国特許第8,854,920号、および2015年4月28日にSlossに発行された米国特許第9,019,795号は、本出願に関係し、Slossによって2015年10月30日出願された米国特許出願第14/927,748号および第14/927,730号、ならびに2018年2月28日出願された第15/908,395号は、やはり本出願に関係する。

【0003】

上で識別した特許および特許出願は、本発明の譲受人に譲渡され、組み込まれた材料を含むその全体が参照によって本明細書に組み込まれる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ピング内で変わる周波数を有するソナーピングパルスで流体に音波を当てて、ソナーピングパルスを反射する流体中の物体に関する位置情報を復元することが、本発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

流体中に沈んだ1つまたは複数の物体は、物体にソナーピングパルスを向けること、および物体から反射されたソナー信号をソナー撮像アレイで記録することによって撮像される。反射されたソナー信号から計算されるデータは、物体のソナー画像を生成するために使用される。ソナーピングパルスがピングパルスの期間中に増加と減少の両方の周波数変動を有する場合、データが有利に測定および計算される。本発明の最も好ましい方法は、

10

20

30

40

50

パルスの期間中の周波数と位置の両方が擬似ランダムに分散される場合である。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】表面にソナー波を送信するソナー発生源および表面から反射されるソナー信号を受信するソナーレイ受信デバイスを示すスケッチである。

【図2A】ソナーピング生成器12から送出される単一周波数のソナーピング圧力信号20を示すグラフである。

【図2B】ピング生成器12、ピング受信器19、および物体14の相対的な位置を示すスケッチである。

【図3】電圧対時間として、3つの従来技術の信号波形を示す図である。

【図4】(A)は、定常的な周波数の正弦波ピングについてのレジスタ値を示すプロットである。(B)は、チャープした周波数の正弦波ピングについてのレジスタ値を示すプロットである。

【図5】音波が当てられる容量の中の反射性物体(R0およびR1)を示すスケッチである。

【図6】(A)は、正弦波パルスについての畳み込み結果を示す図である。(B)は、チャープしたパルスについての畳み込み結果を示す図である。

【図7】増減する周波数のパターンを有する送出信号を示すスケッチである。

【図8】図7のスケッチを、1と0のパターンとして示しており、0は、圧力が平均圧力より下である領域であり、1は、圧力が平均圧力より上である領域である図である。

【図9】10の値を有する送信信号Txが5ステップで受信信号Rxと比較され、各比較について、一致の数が記録されるスケッチである。

【図10】一致の数対整数ステップのプロットを示し、Tx信号とRx信号が一致する10の最大値を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

表、チャート、テキストなどの形式で表されたデータよりも、視覚的な形式で表されたデータは、人間にはるかに良好に理解されることが、長い間知られている。しかし、棒グラフ、折れ線グラフ、マップ、または地形図として視覚的に表されるデータでさえ、それらを解釈するために、経験およびトレーニングが必要である。しかし、人間は、最良で最速のコンピュータでさえ、解釈するのが不可能である、視覚的な画像におけるパターンを、迅速に認識および理解することができる。したがって、データを画像へと変えるのに、多くの努力が費やされている。

【0008】

特に、光に関係しないデータから生成される画像は、生成するのが困難である。1つのそのようなタイプのデータはソナーデータであり、ここで、ソナー信号パルスは、発生源からある容量の流体へと送出され、音波を当てられた容量の中の物体からの反射された音エネルギーが、1つまたは複数の検出器素子によって記録される。「音波を当てられた容量」という用語は、当業者には知られており、本明細書では、音波が向けられるある容量の流体であると規定される。本発明では、ピングと呼ばれる音エネルギー波のソナー信号パルスは、およそ円錐形の容量の水に音波を当てる超音波ソナー生成器から送出される。

【0009】

図1は、水中に、超音波ソナー生成器またはピング生成器12を保有する船舶10のスケッチを示す。発信ピングの発信音波13が、水中に浮遊する物体14上に当たり、音波16が多素子ソナー検出器19に向けて戻って反射される。物体14は、水中に浮遊してよく、海底15上にあってよく、または海底15の中に埋まっていよい。音波17は、海底15からソナー検出器19に向かって、やはり反射されるのが示される。音波16および17は、水の表面11からも反射される場合がある(図示せず)。一連の発信ピングパルスは、発信ピング周波数 P_f で送出されてよい。従来技術のソナーピングは、一般的に一定の音周波数 f を有する(従来技術において、チャープパルスピングと呼ばれる方法では、周波数 f がピングの期間中に変えられることがあり、ここでは、パルス周波数は、パルスを通して単調に増加また

10

20

30

40

50

は減少する)。従来技術のマスタ発振器(図示せず)が、周波数 f で矩形波電圧出力を生成し、従来技術のピング生成器が、マスタ発振器を使用して、マスタ発振器と同相で発信正弦波音波を生成する。発信ピング長 l_p および発信ピング時間 t_p は、水中の音の速さに関係する。

【0010】

一連の発信ピングパルスは、ピング周波数 P_f で送出されてよい。音波13は、物体14への円錐形ビームとして伝播するのが示される。反射音波16は、多素子ソナー検出器アレイ19の各検出器素子によって受信され、多素子ソナー検出器アレイ19は、各素子において、反射されたピング音波の圧力を測定し、素子に当たる音波の振幅対時間を表すアナログ電気電圧信号を戻す。

【0011】

反射されたピング信号は、スライス時間 t_s を有する一連のスライスへと細分される場合がある。

【0012】

各検出器素子からのアナログ電気電圧信号は、従来技術においてデジタル化され、多素子検出器素子の各々における、反射されたソナー波の位相および強度を表す生データを与えるように取り扱われる。

【0013】

次いで、デジタル化したデータが、検出器からの範囲、および2つの直交する角度の関数として、3次元空間極座標中の点を提供するために、ビーム形成器プログラムで変換される。極座標空間中のこれらの点は、さらに、一般的に、3次元直交座標空間中のデータとして表される。点のデータは、次に、例えば海底上の高さ、または表面の下の深さとしての、「 z 」座標として表されてよく、一方、 x 座標および y 座標は、例えば西および北として選択することができる。他の例では、 x 座標または y 座標は、壁または他の長くほとんど真っ直ぐな物体に平行に選択することができる。

【0014】

ソナーデータの1つの特性は、音波が当てられる容量が、一般的に、1つだけまたは少数の対象の物体を有する水であるために、ソナーデータが非常に疎であることである。ある容量の流体は、一般的に、3次元直交座標空間中の一連の立方体へと分割され、データは、長さ l_s の辺を有する立方体の小さい割合から戻される。ソナー画像の解像度は、立方体の直線の寸法 l_s に反比例し、一方、各検出器素子からの信号を記録して信号がどこから来たのかを計算する計算コストは、立方体寸法の3乗に反比例する。ここで、解像度と、受信データから画像を生成するのにかかるコンピュータ能力および時間との間にはトレードオフがある。

【0015】

他の電磁または超音波撮像技術では、データは非常に密である。ソナー撮像に関係しない技術分野において、医療用撮像は、本質的に、各ボクセルからの信号を有し、CTスキャン、MRIスキャン、PETスキャン、および超音波撮像のような撮像のための技法は、疎なソナーデータには適用可能でない。同様に、石油およびガスの探索における、岩石層のデータを戻すため、地表面から地球の深部へ送出される音波からの信号は、密なデータを生成し、そのような分野のために開発された技法は、一般的に、ソナー撮像の技術分野の当業者には知られていない、または使用されないことになる。

【0016】

本発明の発明者による従来技術の発明(2018年2月28日に出願された米国特許出願第15/908,395号)は、例えば、遠隔操作船(ROV)中の、ビーム形成器セクションまたはデータ記憶装置システムに送信される、ソナー検出アレイからの生データの量を減少させる新規な方法を提供する。

【0017】

上で識別された発明の最も好ましい実施形態は、生データを記録することと、ソナーピング生成器および検出器アレイとは別個の場所(トップエンド)に記録または伝送するため

10

20

30

40

50

10

本発明は、従来の発明の技法を使用して結果をさらに改良し、さらなるフレキシビリティ、ならびに複数の同時ピング生成器および複数の検出器アレイの使用を可能にする。従来技術の、定常的な周波数のピングまたは周波数チャープピングを送出する代わりに、擬似ランダム周波数ピングが使用される。戻されるピングが送出ピングと畳み込まれると、畳み込みの最大値が、ビーム形成セクションに必要なデータを与えることになる。

20

30

は、半分の周波数における2サイクルが続く、1周波数における5サイクルに対応する。

40

50

【0022】

周波数の擬似ランダムな集合の概念は、無線周波数送出波でうまく規定され、規定によって、周波数の擬似ランダムな集合は、許容できない干渉を他の送出パターンと起こさないように選択される。

【0023】

本発明者は、例えば32、64、もしくは128など、または実際には、範囲、ノイズ、および利用可能な処理電力などの予想される条件に好都合な任意の数のKの値を予想する。

【0024】

本発明では、好都合なスライス長 l_s は4cmであり、好都合なピング長 l_p は、375KHzの周りの範囲で変わる周波数を有する音波の、約12「サイクル」である。反射されたピング信号は、スライス時間 t_s およびスライス長 l_s を有する一連のスライスへと細分される場合がある。

【0025】

例として、0.1s毎にパルスを送出する。48×48個のアレイとして配置される2304個の水中聴音器のアレイがある。各水中聴音器は、トランスミッタの前の、音波が当たる容量から反射される、およそ375KHzの周波数がシフトする音波を受信する。

【0026】

図2Aは、ソナーピング生成器12から送出される単一周波数のソナーピング圧力信号20のグラフを示す。

【0027】

図2Bは、ピング生成器12、ピング受信器19、および物体14の相対的な位置のスケッチを示す。ピング生成器12が、時間 $t=0$ においてエネルギーTxのパルスを伝送する場合、この一部は、物体14(R0)によって反射され、時間 $t=t_1$ において受信器Rxによってとらえられることになる。TxからR0へ、さらにRxへといたる距離は、伝送パルスと受信パルスとの間の時間 t_1 に、媒体を通る音の速度(例えば、水=約1500m/s)を乗算することによって計算することができる。

【0028】

範囲計算の精度は、受信信号中の背景雑音に対して伝送信号を識別する能力に依存する。そのため、時間 t_1 について正確な測定値を得ることができる。図3は、電圧対時間として、3つの従来技術の信号波形を示す。曲線30は、定常的な周波数を表し、曲線32は時間で周波数が減少するチャープした周波数の波であり、曲線34は時間で周波数が増加するチャープした周波数の波を表す。

【0029】

基本的に、送出信号に関連すると認識されるパターンを、受信信号中で探している。ノイズが存在しない場合、反射された波が検出器素子に戻るまで、時間の関数として何も見ないことになる。

【0030】

単一の表面からの単一の反射では、送出したが、いくつかの大きい要因によって減衰される同じ信号を見ることになる。次に、反射物の範囲を計算するため、単に、音が往復するのにかかる時間を測定しなければならない。しかし、偽の反射などからの、ノイズおよび信号が存在する。送出パルスの始まりに対する受信パルスの正確な始まりを測定することも困難である。

【0031】

アナログの世界では、一致するパターンを探索するために、探しているパターンの画像を、受信信号の画像に沿ってずらすことが望ましい。下で示されるように、デジタルファイルで同じことを行うことができる。

【0032】

従来技術では、入ってくる信号の圧力変動からもたらされるアナログ電圧信号を、10ビットまたは12ビットのアナログ-デジタル変換(ADC)回路でデジタル化する。次いで信号が、入ってくる音波を表す虚部および実部を判定するために、四位相(Quadrature)エン

10

20

30

40

50

コーダで処理される。入ってくる音波の相対位相は、検出器に垂直な表面と、入ってくる音波の向きとの間の角度にしたがって、検出器の面にわたって変わる。したがって、物体の方向は、相対位相パターンによって判定することができ、音が到達するのにかかる時間が、物体の範囲を与える。

【0033】

本発明者は、伝送信号に対する入ってくる信号の位相の適切な測定値が、入ってくる信号のより高価なADC変換の代わりにより安価なデジタルコンパレータ回路を使用することによって有利に記録することができることを示している。10ビットおよび12ビットのデータの代わりに、回路は、1ビットまたは2ビットのデータで動作する。角度における精度が低下することは、より多くの検出器を有することによって補うことができる。

10

【0034】

本発明では、反射された信号を検出器に戻すのにかかる時間を認識して測定するための最も好ましい方法は、1ビット畳み込み技法を使用することである。受信信号は高周波数成分を除去するためにフィルタを通過し、次いで、受信信号のブロックが、畳み込みウィンドウとして選択されて、送出信号に関係する知られている時間でサンプリングされる。送信信号が、K個の1ビット数(0または1)の数のデジタルストリングによって表されると仮定する。K個の送出デジタルストリングの各々が、受信信号中のM個の1ビットの数の畳み込みウィンドウ測定値と比較され、ここで、 $(M > K)$ である。

【0035】

最初に、K個のデジタルストリング中の第1の数が、M個のデジタルストリング中の第1の数と比較される。数が一致する(両方0または両方1)場合、レジスタに1が加えられる。本プロセスは、さらに、M個の受信した数のストリング中のK番目の数が、送出ストリングの番号におけるK番目の数と比較されるまで、送出ストリング中のK個の数の各々について続く。各一致について、1がレジスタ中の数に加えられる。受信したストリング中の最初のK個の数が送出されたストリングのK個の数と一致した場合、レジスタ中の数は、Kということになる。受信したストリング中の最初のK個の数がK個の送出されたストリングの数と関係ない場合、レジスタ中の一致の推定値は、 $K/2$ の平均値を有する統計的な分布を有すると予想され、これは、2つのランダムな数が比較された場合に期待される結果となる。レジスタ中の数は記録され、レジスタはクリアされる。

20

【0036】

次いで、本プロセスは、K個の数のデジタルストリング中の最初の数を、M個の数のデジタルストリング中の第2の数と比較すること、一致をレジスタに加えること、合計を記録すること、および送出ストリングの数におけるK番目の数が、受信したM個の数のストリング中のM番目の数と比較されるまで続くことによって繰り返される。

30

【0037】

ここで、 $(M-K)$ 個のレジスタ値のストリングを、1から $(M-K)$ の整数の関数としてプロットすることができる。M個の数のストリング中のどこかにK個の数の完全な一致が存在する場合、レジスタ値のプロットは、何らかの整数値において、最大値Kを有することになる。送出信号の選択に応じて、グラフは、図4(A)に示される、均一な正弦波ピークについて示されるような三角形のピーク、または図4(B)に示される、チャープした信号についてのより急峻なピークを示すことができる。

40

【0038】

図5に示されるように、音波が当てられる容量の中に複数の反射性物体(R_0 および R_1)が存在する場合、範囲を判定する問題が悪化する。物体 R_0 と R_1 が伝送パルスの長さよりも互いに近い場合、受信信号は、部分的に、2つの反射のベクトル和からなることになる。一般的に、相対位相に応じて、受信正弦波信号に、0からただ1つの反射信号の4倍の強度におよぶ強度をもたせることができる、2つの反射間の位相差が存在することになる。送信信号が擬似ランダム周波数分布を有する場合、2つの同時に受信した信号の異なる部分が送信信号と畳み込みを行い、畳み込みグラフは、2つのピークを示すことになり、範囲における差異が解決可能となる。

50

【0039】

複数の反射の問題に対する1つの解決策は、伝送パルスの長さを減らすことである。しかし、伝送パルスが短くなると、システムがノイズに対してより影響されやすくなる。

【0040】

いくつかの信号は、他のものよりも良好な畳み込みを与える。1つの通常の技法は、「チャープ」、すなわち経時的に周波数を単調に変える信号を使用することである。この信号は、はるかに狭い畳み込みピークを与える。

【0041】

図6(A)および図6(B)は、それぞれ正弦波パルスおよびチャープしたパルスについての畳み込み結果を示す。より複雑なパルスは、2つの近い物体についてより良好に範囲を分解することができる。「チャープ」は、複数の重なり合って反射された信号を識別することにおいてもより良好である。

【0042】

送出信号が規則性を有するとき、様々な物体からの偽の反射、反射された波の反射などがデータとして読まれる場合がある。不幸なことに、パターンが「手動で」選択されるとき、規則性は気付くのが難しい。

【0043】

本発明者は、探索物と干渉する可能性がある規則性がない、または少ない送出信号のパターンを見いだすことを提案する。本発明者は、K個の数の可能なストリングのうちの多数の第1の集合Sを探索し、基準にしたがってストリングの部分集合S₁を選択することを提案する。集合Sの要素のうちの最も好ましい数は、0 0 0 0…で始まり、1 1 1 1…で終わる、長さKのすべての可能なストリングである。最も好ましい基準は、決められた差異の範囲を有する2つの反射物が区別可能となるべきものである。別の基準は、単一の反射を示す単一のピークの下での面積が決められた数より大きくなるべきものである。

【0044】

S₁の部分集合S₂は、基準にしたがって選択される。1つの基準は、集合S₂の任意の2つの要素の畳み込みは、互いに畳み込まれたとき、規定された数よりも小さい数を生成するべきであるというものである。集合S₂の2つの要素のパターンが、同じ容量に音波が当てられるために、または一方の容量の中の物体からの反射を他方の容量を観測している検出器によって受信できる異なる容量に音波が当てられるために同時に送出される場合、信号は、干渉しない、または不適切な検出器で偽の信号を生成しないことになる。したがって、例えば、船舶は、各々が、受信信号中の異なるパターンを探すようにプログラムされる2つの検出器を保有することができる。単一のピング生成器が、異なる送出パターンの連続的な信号を生成することができ、したがって秒当たりにより多くのピングを送出することができる。異なるピング生成器を使用して、異なる方向にピングを送信し、同時により広い経路のスキャンを可能にすることができる。異なるピング生成器は、同じ区域に同時のパルスを送出することができ、2つの検出器が、同時だが異なる方向から同じ区域を「見る」ことになり、そのため、区域の3次元ビューを構築することができる。

【0045】

図7は、以前で規定したような、増減する周波数のパターンを有する送出信号のスケッチを示す。図8は、その信号を、1と0のパターンとして示しており、0は、圧力が平均圧力より下である領域であり、1は、圧力が平均圧力より上である領域である。

【0046】

図9は、10の値を有する送信信号Txが5ステップで受信信号Rxと比較され、各比較ステップについて、一致の数が記録されるスケッチを示す。

【0047】

図10は、一致の数の対整数ステップのプロットを示し、Tx信号とRx信号が一致する10の最大値を示す。一致の数のプロットは、Tx信号とRx信号が一致する最大値を示す。

【0048】

伝送信号と受信信号の畳み込みは、相応の量のハードウェアを必要とする。例として、

例えば、64の部分に分割される伝送信号があり、128の部分有する畳み込みウィンドウを規定する。(畳み込みウィンドウは、全スライスがカバーされない場合、より多くの部分有する場合がある。)128の畳み込みを行う必要がある(64のTxの値をRx(0..63)、Rx(1..64)、Rx(2..65)、…Rx(64..127)と一致させる)。

【0049】

これは、受信素子毎に、 $64 \times 64 \times (1\text{つの乗算} + 1\text{つの加算})$ である。反射物の方向を判定するために、複数の受信素子有する場合には、TxからR0へ、さらにRx0へ、およびTxからR0へ、さらにRx1への異なる範囲を使用して、R0へ方向を算出することができる。

【0050】

各反射物の範囲および方向を算出するため、より多くの反射物、より多くの受信素子が必要となる。

【0051】

エコスコープでは、2300個より多くの受信素子がある。5cmに範囲を分解しようと試みる場合、素子毎に毎秒約1500の畳み込みを行う必要がある。

=毎秒約350億の積和

【0052】

典型的には、これらの種類の計算は、8～16ビットの値を使用して行われ、このことには、多くのハードウェアおよび電力が必要である。

【0053】

1ビットデータを使用する場合、否定排他的論理和(Negative Exclusive OR)1ビット乗算を使用して、乗算を効率的に行うことができる。

V0 V1 V0*V1 A B A nxor B

```
-----
-1  -1   1   0  0   1
-1   1  -1   0  1   0
 1  -1  -1   1  0   0
 1   1   1   1  1   1
```

【0054】

累積(加算)の結果は、畳み込みにおけるlの計数の合計である。任意の畳み込みウィンドウサイズで、ビットパターンを選択するための基準は、選択されるビットパターンが最良の畳み込み結果を与えることである。

【0055】

伝送信号と受信信号の畳み込みは、計算できる量のハードウェアを必要とする。64の値のTxで、128の値の受信信号Rxの畳み込みウィンドウ。128の畳み込みを行う必要がある(64のTxの値をRx(0..63)、Rx(1..64)、Rx(2..65)、…x(64..127)と一致させる)。これは、受信素子毎に、 $64 \times 64 \times (1\text{つの乗算} + 1\text{つの加算})$ である。エコスコープでは、2300個より多くの受信素子がある。5cmに範囲を分解しようと試みる場合、素子毎に毎秒約1500の畳み込みを行う必要がある。

【0056】

10cmのパルス長がある場合、約50サンプルの畳み込みウィンドウを有する必要がある。これは、約 $2300 \times 1500 \times 50 \times 100 \times (1\text{乗算} + 1\text{加算})$ であり、

=毎秒約350億の積和

【0057】

典型的には、これらの種類の計算は、8～16ビットの値を使用して行われ、このことには、多くのハードウェアおよび電力が必要である。

【0058】

理想的には、送出パターンは、狭い畳み込みグラフ(スパイクの下に大きい面積を有する狭い幅を有する明確なスパイク、ならびに複数の反射が存在する場合、複数の区別可能なスパイク)を与えるべきである。

【0059】

10

20

30

40

50

明らかに、本発明の多くの修正形態および変形形態が、上の教示に照らして可能である。したがって、本発明は、具体的に記載されたものとは別の方法で、添付した請求項の範囲内で、実行できることを理解されたい。

【符号の説明】

【0060】

- 10 船舶
- 11 水の表面
- 12 超音波ソナー生成器またはピング生成器
- 13 発信音波、音波
- 14 物体
- 15 海底
- 16 音波、反射音波
- 17 音波
- 19 多素子ソナー検出器、ソナー検出器、多素子ソナー検出器アレイ
- 20 単一周波数のソナーピング圧力信号
- 30、32、34 曲線

10

20

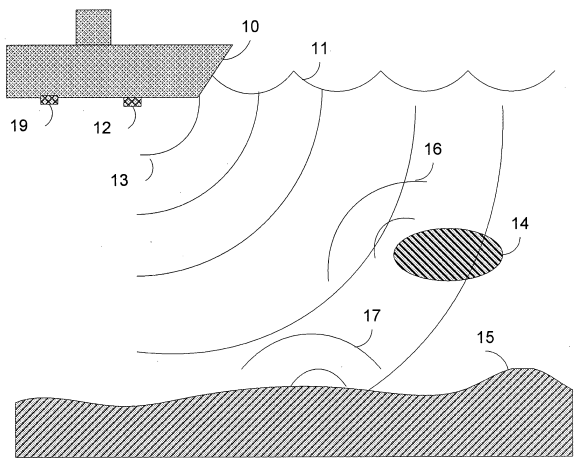
30

40

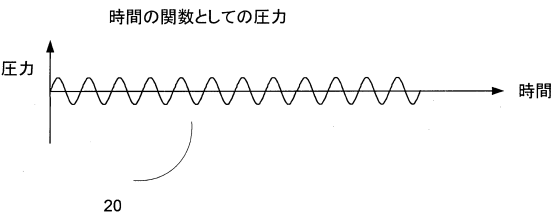
50

【図面】

【図 1】

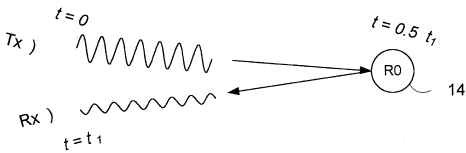


【図 2 A】

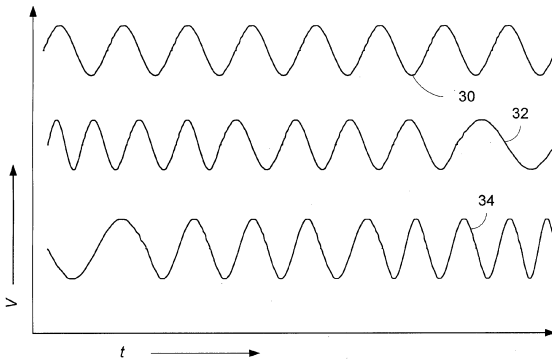


10

【図 2 B】



【図 3】



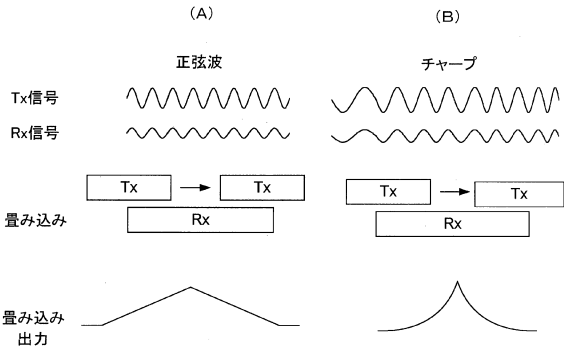
20

30

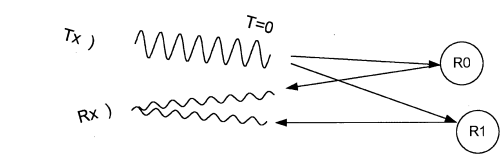
40

50

【図 4】

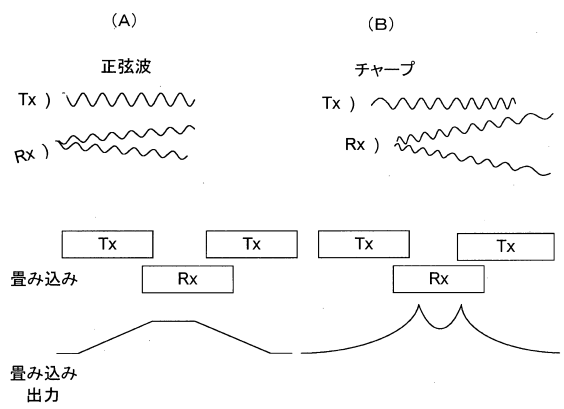


【図 5】

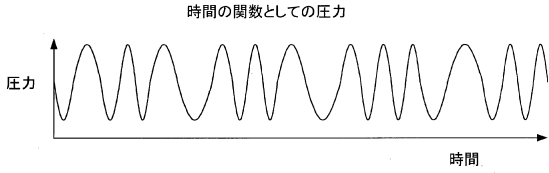


10

【図 6】



【図 7】



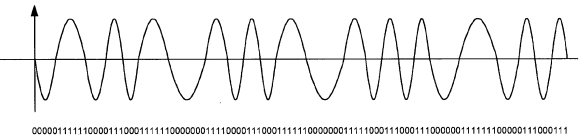
20

30

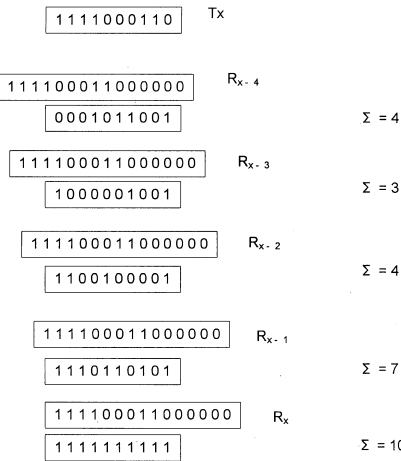
40

50

【図 8】

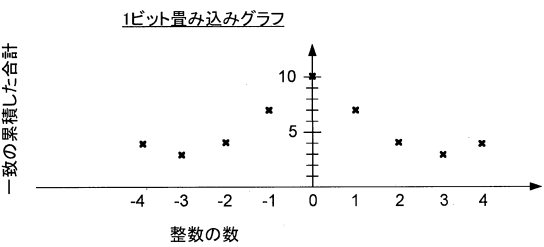


【図 9】



10

【図 10】



20

30

40

50

フロントページの続き

イースト・ウィームス・ザ・ハフ・(番地なし)・マイケル・ハウス

審査官 佐藤 宙子

(56)参考文献

特開昭55-126876(JP, A)

特開2017-166880(JP, A)

特開2008-128968(JP, A)

特開2004-108826(JP, A)

特開平06-104957(JP, A)

米国特許第4955002(US, A)

米国特許出願公開第2017/0315235(US, A1)

米国特許出願公開第2017/0315237(US, A1)

米国特許出願公開第2014/0064032(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/52-7/64

G01S 15/00-15/96