

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6097327号
(P6097327)

(45) 発行日 平成29年3月15日(2017.3.15)

(24) 登録日 平成29年2月24日(2017.2.24)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 S 15/74 (2006.01) GO 1 S 15/74

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-77030 (P2015-77030)	(73) 特許権者	310021766 株式会社ソニー・インタラクティブエンタ テインメント 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	平成27年4月3日(2015.4.3)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(65) 公開番号	特開2016-197058 (P2016-197058A)	(74) 代理人	100109047 弁理士 村田 雄祐
(43) 公開日	平成28年11月24日(2016.11.24)	(74) 代理人	100109081 弁理士 三木 友由
審査請求日	平成27年12月1日(2015.12.1)	(74) 代理人	100134256 弁理士 青木 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 携帯端末、音波測距システムおよび音波測距方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1測距信号を再生する再生部と、

前記第1測距信号と、別の携帯端末から出力された第2測距信号とを録音する録音部と、

前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第1差分を測定する時間差分測定部と、

前記別の携帯端末において測定された、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第2差分を前記別の携帯端末から受信する通信部と、

前記第1差分と前記第2差分の減算結果に音速を乗算することにより、前記別の携帯端末までの距離を算出する距離算出部とを含み、

当該携帯端末の姿勢情報と前記別の携帯端末の姿勢情報にもとづいて、当該携帯端末の向きと前記別の携帯端末の向きが所定の関係にある場合に測距を行い、前記所定の関係がない場合、測距を行わずにユーザに通知することを特徴とする携帯端末。

【請求項2】

前記第1測距信号および前記第2測距信号の音波の包絡線のエッジを検出することにより、前記第1測距信号の録音開始時刻および前記第2測距信号の録音開始時刻を検出するエッジ検出部をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の携帯端末。

【請求項3】

環境音のノイズレベルが所定の閾値以下となるまでの間、測距ができない旨を表示する

10

20

表示部をさらに含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の携帯端末。

【請求項 4】

環境音を周波数領域に変換して環境音のスペクトラム成分を得る周波数変換部と、
前記環境音のスペクトラム成分が測距可能な最大ノイズレベルを超えない周波数領域を測距信号の周波数帯域として選定する周波数選定部とをさらに含み、

前記再生部は、前記周波数選定部により選定された周波数帯域において前記第 1 測距信号を再生することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の携帯端末。

【請求項 5】

前記別の携帯端末はウェアラブル端末であり、前記通信部は、前記ウェアラブル端末との通信を近距離無線通信で行うことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の携帯端末。

10

【請求項 6】

第 1 携帯端末と第 2 携帯端末を含む音波測距システムであって、
前記第 1 携帯端末は、
第 1 測距信号を再生する再生部と、
前記第 1 測距信号と、前記第 2 携帯端末から出力された第 2 測距信号とを録音する録音部と、

前記第 1 測距信号の録音開始時刻と前記第 2 測距信号の録音開始時刻との第 1 差分を測定する時間差分測定部と、

前記第 2 携帯端末において測定された、前記第 1 測距信号の録音開始時刻と前記第 2 測距信号の録音開始時刻との第 2 差分を前記第 2 携帯端末から受信する通信部と、

20

前記第 1 差分と前記第 2 差分の減算結果に音速を乗算することにより、前記第 2 携帯端末までの距離を算出する距離算出部とを含み、

当該第 1 携帯端末の姿勢情報と前記第 2 携帯端末の姿勢情報にもとづいて、当該第 1 携帯端末の向きと前記第 2 携帯端末の向きが所定の関係にある場合に測距を行い、前記所定の関係にない場合、測距を行わずにユーザに通知し、

前記第 2 携帯端末は、
第 2 測距信号を再生する再生部と、
前記第 2 測距信号と、前記第 1 携帯端末から出力された前記第 1 測距信号とを録音する録音部と、

30

前記第 1 測距信号の録音開始時刻と前記第 2 測距信号の録音開始時刻との前記第 2 差分を測定する時間差分測定部と、

前記時間差分測定部により測定された前記第 2 差分を前記第 1 携帯端末に送信する通信部とを含むことを特徴とする音波測距システム。

【請求項 7】

携帯端末において第 1 測距信号を再生する再生ステップと、
前記第 1 測距信号と、別の携帯端末から出力された第 2 測距信号とを録音する録音ステップと、

前記第 1 測距信号の録音開始時刻と前記第 2 測距信号の録音開始時刻との第 1 差分を測定する時間差分測定ステップと、

40

前記別の携帯端末において測定された、前記第 1 測距信号の録音開始時刻と前記第 2 測距信号の録音開始時刻との第 2 差分を前記別の携帯端末から受信する通信ステップと、

前記第 1 差分と前記第 2 差分の減算結果に音速を乗算することにより、前記別の携帯端末までの距離を算出する距離算出ステップとを含み、

当該携帯端末の姿勢情報と前記別の携帯端末の姿勢情報にもとづいて、当該携帯端末の向きと前記別の携帯端末の向きが所定の関係にある場合に測距を行い、前記所定の関係にない場合、測距を行わずにユーザに通知することを特徴とする音波測距方法。

【請求項 8】

携帯端末において第 1 測距信号を再生する再生機能と、
前記第 1 測距信号と、別の携帯端末から出力された第 2 測距信号とを録音する録音機能

50

と、

前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第1差分を測定する時間差分測定機能と、

前記別の携帯端末において測定された、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第2差分を前記別の携帯端末から受信する通信機能と、

前記第1差分と前記第2差分の減算結果に音速を乗算することにより、前記別の携帯端末までの距離を算出する距離算出機能とをコンピュータに実現させ、

当該携帯端末の姿勢情報と前記別の携帯端末の姿勢情報にもとづいて、当該携帯端末の向きと前記別の携帯端末の向きが所定の関係にある場合に測距を行い、前記所定の関係がない場合、測距を行わずにユーザに通知することを特徴とするプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、音響信号を用いて距離を測定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

距離を測定する技術として、巻尺等による実測、レーザ光等の光を用いた光波測距、超音波等を用いた音波測距などがある。一般の人が通常、利用するのは巻尺であるが、普段から巻尺を持ち歩いている人はそれほどいない。外出先で何らかの物の長さを測ったり、2点間の距離を測定したいとき、巻尺がない場合は、掌の親指と小指の間隔や、両手を広げたときの左右の手の間隔などを利用して、おおざっぱに見積るしかない。

20

【0003】

スマートフォンは、多くの人々が普段から持ち歩くデバイスである。スマートフォンにはスピーカとマイクが実装されている。また、近年、スマートウォッチなどのウェアラブル端末が数多く発売されるようになった。通話機能をサポートするためにウェアラブル端末にもスピーカとマイクが実装されているものがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本願の発明者らは、普段持ち歩くスマートフォンやスマートウォッチなどの携帯端末にスピーカとマイクが実装されている点に着目し、これらの携帯端末を用いて音波による測距方法を考えるに至った。2台の携帯端末を用いて音波測距を行う場合、2台の携帯端末間で時間の同期やキャリブレーションをする必要があり、手間がかかるといった問題があった。

30

【0005】

また、携帯端末を用いた音波測距の場合、測定能力が周囲の雑音の影響を直接受けてしまう。すなわち、測距信号音が周囲の雑音に埋もれてしまい、正確な距離の測定が難しくなるという問題があった。

【0006】

本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、携帯端末を用いた簡便な音波測距を実現する技術を提供することにある。また、別の目的は、雑音のある環境下でも、安定した音波測距を実現する技術を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の携帯端末は、第1測距信号を再生する再生部と、前記第1測距信号と、別の携帯端末から出力された第2測距信号とを録音する録音部と、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第1差分を測定する時間差分測定部と、前記別の携帯端末において測定された、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第2差分を前記別の携帯端末から受信する通信部と、前記第1差分と前記第2差分の減算結果に音速を乗算することに

50

より、前記別の携帯端末までの距離を算出する距離算出部とを含む。

【0008】

本発明の別の態様は、ウェアラブル端末である。このウェアラブル端末は、第1測距信号を出力する携帯端末と近距離無線通信するウェアラブル端末であって、第2測距信号を再生する再生部と、前記第2測距信号と、前記携帯端末から出力された前記第1測距信号とを録音する録音部と、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との差分を測定する時間差分測定部と、前記時間差分測定部により測定された前記差分を前記携帯端末に送信する通信部とを含む。

【0009】

本発明のさらに別の態様は、音波測距システムである。この音波測距システムは、第1携帯端末と第2携帯端末を含む音波測距システムであって、前記第1携帯端末は、第1測距信号を再生する再生部と、前記第1測距信号と、前記第2携帯端末から出力された第2測距信号とを録音する録音部と、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第1差分を測定する時間差分測定部と、前記第2携帯端末において測定された、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第2差分を前記第2携帯端末から受信する通信部と、前記第1差分と前記第2差分の減算結果に音速を乗算することにより、前記第2携帯端末までの距離を算出する距離算出部とを含む。前記第2携帯端末は、第2測距信号を再生する再生部と、前記第2測距信号と、前記第1携帯端末から出力された前記第1測距信号とを録音する録音部と、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との前記第2差分を測定する時間差分測定部と、前記時間差分測定部により測定された前記第2差分を前記第1携帯端末に送信する通信部とを含む。

【0010】

本発明のさらに別の態様は、音波測距方法である。この方法は、第1測距信号を再生する再生ステップと、前記第1測距信号と、別の携帯端末から出力された第2測距信号とを録音する録音ステップと、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第1差分を測定する時間差分測定ステップと、前記別の携帯端末において測定された、前記第1測距信号の録音開始時刻と前記第2測距信号の録音開始時刻との第2差分を前記別の携帯端末から受信する通信ステップと、前記第1差分と前記第2差分の減算結果に音速を乗算することにより、前記別の携帯端末までの距離を算出する距離算出ステップとを含む。

【0011】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、コンピュータプログラム、データ構造、記録媒体などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、携帯端末を用いて簡便に音波測距を実現することができる。また、雑音のある環境下でも、安定した音波測距を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施の形態に係る音波測距システムの模式図である。

【図2】ウェアラブル端末とスマートフォンにおける音波測距処理の流れを説明する図である。

【図3】ウェアラブル端末とスマートフォンにおける測距信号の再生と録音の処理をタイムチャートで説明する図である。

【図4】ウェアラブル端末の機能構成図である。

【図5】スマートフォンの機能構成図である。

【図6】図6(a)は、スマートフォンで録音された測距信号音の波形を示すグラフであり、図6(b)は、ウェアラブル端末で録音された測距信号音の波形を示すグラフである

10

20

30

40

50

。

【図7】図7(a)は、騒音環境においてスマートフォンで録音された測距信号音の波形を示すグラフであり、図7(b)は、騒音環境においてウェアラブル端末で録音された測距信号音の波形を示すグラフである。

【図8】スマートフォンの画面を説明する図である。

【図9】騒音のある環境でのスマートフォンの画面を説明する図である。

【図10】測距登録を行う場合のスマートフォンの画面を説明する図である。

【図11】測距登録の際に待ち時間を設定する場合のスマートフォンの画面を説明する図である。

【図12】自動測距モードにおけるスマートフォンの画面を説明する図である。

10

【図13】スマートフォンの機能構成図を説明する図である。

【図14】航空機内の環境音のスペクトルを示すグラフである。

【図15】環境音の測定データとあらかじめ定められた基準データを示すグラフである。

【図16】スマートフォンに内蔵されているスピーカとマイクの位置を示す画面を説明する図である。

【図17】スマートフォンのスピーカをウェアラブル端末に向けるようにユーザに指示する画面を説明する図である。

【図18】ウェアラブル端末およびスマートフォンの姿勢を表現するために定義される座標系を説明する図である。

【図19】ウェアラブル端末およびスマートフォンの姿勢検出を用いた測距処理の流れを説明する図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0014】

図1は、実施の形態に係る音波測距システムの模式図である。ここでは一例として、ウェアラブル端末100とスマートフォン200を用いた音波測距システムを示すが、スピーカとマイクを備えた2台の携帯端末があれば、音波測距システムを構成することができる。本実施の形態ではスマートフォン200のタッチパネル面の上部にはスピーカ110が設けられており、下部にはスピーカ110とマイク120が設けられている。ウェアラブル端末100にも図示しないがスピーカとマイクが設けられている。

【0015】

30

ユーザは、スマートフォン200を手に保持し、ウェアラブル端末100を測距する対象の端点に置く。あるいは、ウェアラブル端末100を置く代わりに、ウェアラブル端末100をリストバンドで対象物の端点に結んだり、ウェアラブル端末100を他の人に持ってもらってもよい。ユーザは測距対象のもう一方の端点において、スマートフォン200を操作し、測距を開始する。スマートフォン200には音波測距のためのアプリケーションが実装されており、ユーザはこのアプリケーションを起動して測距を行う。

【0016】

ウェアラブル端末100とスマートフォン200はBluetooth(登録商標)などの近距離無線通信により互いに情報をやりとりすることができる。

【0017】

40

ウェアラブル端末100のスピーカから出力される測距信号の音はウェアラブル端末100のマイクに入力されて録音されるとともにスマートフォン200のマイクに入力されて録音される。また、スマートフォン200のスピーカから出力される測距信号の音はスマートフォン200のマイクに入力されて録音されるとともにウェアラブル端末100のマイクに入力されて録音される。ウェアラブル端末100とスマートフォン200で録音された音波のデータにもとづいてウェアラブル端末100とスマートフォン200間の距離dが測定される。

【0018】

図2は、ウェアラブル端末100とスマートフォン200における音波測距処理の流れを説明する図である。

50

【 0 0 1 9 】

最初にスマートフォン200から無線データ通信により「開始信号」がウェアラブル端末100に送信される(S10)。スマートフォン200から「開始信号」を受信したウェアラブル端末100は、無線データ通信により「準備完了信号」をスマートフォン200に返信する(S12)と同時に、録音を開始する(S14)。

【 0 0 2 0 】

「準備完了信号」を受信したスマートフォン200は、録音を開始し(S16)、直ちに測距信号を再生する(S18)。

【 0 0 2 1 】

ウェアラブル端末100は、スマートフォン200からの測距信号音を録音し(S20)、録音状態のまま、測距信号を再生し(S22)、一定時間の経過後、録音を終了する(S24)。

【 0 0 2 2 】

スマートフォン200は、ウェアラブル端末100からの測距信号音を録音し(S26)、一定時間の経過後、録音を終了する(S28)。

【 0 0 2 3 】

図3は、ウェアラブル端末100とスマートフォン200における測距信号の再生と録音の処理をタイムチャートで説明する図である。

【 0 0 2 4 】

スマートフォン200は時間T1から第1測距信号音P1の再生および録音を行い、ウェアラブル端末100は時間T2からスマートフォン200からの第1測距信号音P1の録音を行う。他方、ウェアラブル端末100は時間T3から第2測距信号音P2の再生および録音を行い、スマートフォン200は時間T4からウェアラブル端末100からの第2測距信号音P2の録音を行う。

【 0 0 2 5 】

時間差(T2 - T1)は、スマートフォン200からの第1測距信号音P1がスマートフォン200とウェアラブル端末100の間の距離dを進む(往路)のに要する時間であり、時間差(T4 - T3)は、ウェアラブル端末100からの第2測距信号音P2が距離dを進む(復路)のに要する時間である。

【 0 0 2 6 】

測距信号音がウェアラブル端末100とスマートフォン200間の距離dを進むのに要する伝搬時間TOF(time of flight)は、次式で表すことができる。

$$TOF = ((T4 - T3) + (T2 - T1)) / 2 \quad (1)$$

$$= ((T4 - T1) - (T3 - T2)) / 2 \quad (2)$$

【 0 0 2 7 】

このTOFに空気中を進む音の速度をかけることにより、スマートフォン200とウェアラブル端末100の間の距離dを求めることができる。

$$d = TOF \times \text{音の速度} \quad (3)$$

【 0 0 2 8 】

上記の伝搬時間TOFを求める式(2)において、時間差(T4 - T1)はスマートフォン200側の第2測距信号音P2の録音開始時刻T4から第1測距信号音P1の録音開始時刻T1を引いた値であり、時間差(T3 - T2)はウェアラブル端末100側の第2測距信号音P2の録音開始時刻T3から第1測距信号音P1の録音開始時刻T2を引いた値であるから、前者はスマートフォン200において、後者はウェアラブル端末100においてそれぞれ独立して測定することができる。ウェアラブル端末100とスマートフォン200の間で時刻の同期を取る必要がないというメリットがある。ウェアラブル端末100側で測定された時間差(T3 - T2)の情報をスマートフォン200に送信すれば、スマートフォン200は、式(2)により上記の伝搬時間TOFを求めることができる。

【 0 0 2 9 】

測距信号はチャープ(chirp)信号を用いる。チャープ信号とは、一般に周波数が時間

10

20

30

40

50

とともに連続的に変化する信号のことである。ここでは、時間の経過とともに4000 Hzから10000 Hzまで上がり、その後、10000 Hzから4000 Hzまで下がる信号を測距信号として用いる。これにより、測距信号の周波数スペクトルが広がり、ノイズに強くなる。

【0030】

測距信号音の録音時のサンプリングレートが48 kHzである場合、常温で、空気中の音速が約340メートル/秒であるから、約7ミリメートルの測定分解能がある。

【0031】

図4は、ウェアラブル端末100の機能構成図である。ウェアラブル端末100は、スピーカ10、マイク20、再生部30、録音部40、録音ファイル記憶部50、エッジ検出部60、時間差分測定部70、および通信部80を含む。音波測距機能に直接関係のないウェアラブル端末100の他の一般的な機能構成はここでは省略している。

10

【0032】

通信部80は、スマートフォン200と無線通信し、必要なデータをやりとりする。通信部80は、スマートフォン200から音波測距の「開始信号」を受信し、「準備完了信号」をスマートフォン200に返信する。通信部80は、「準備完了信号」の送信後、再生部30および録音部40に測距信号の再生および録音を指示する。

【0033】

再生部30は所定の周波数帯域の測距信号を再生し、スピーカ10は測距信号音を出力する。ウェアラブル端末100のマイク20はスピーカ10から出力された自分の測距信号音と、スマートフォン200から出力されてウェアラブル端末100に伝搬した測距信号音の両方を集音する。録音部40はマイク20に入力された測距信号音を録音ファイル記憶部50に記録する。

20

【0034】

エッジ検出部60は、録音ファイル記憶部50に記録された測距信号の音波の包絡線のエッジを検出することにより、スマートフォン200から出力されウェアラブル端末100に伝搬した第1測距信号音P1の録音開始時刻T2と、ウェアラブル端末100自身から出力された第2測距信号音P2の録音開始時刻T3とを測定する。これら2つの録音開始時刻T2、T3はウェアラブル端末100における信号のサンプリング周期の精度で得られる。

30

【0035】

時間差分測定部70は、エッジ検出部60により検出された第2測距信号音P2の録音開始時刻T3と第1測距信号音P1の録音開始時刻T2の差分(T3 - T2)を測定する。通信部80は、時間差分測定部70により測定された2つの測距信号音の録音開始時刻の差分(T3 - T2)をスマートフォン200に送信する。

【0036】

図5は、スマートフォン200の機能構成図である。スマートフォン200は、スピーカ110、マイク120、再生部130、録音部140、録音ファイル記憶部150、エッジ検出部160、時間差分測定部170、通信部180、距離算出部190、騒音計210、および表示部220を含む。音波測距機能に直接関係のないスマートフォン200の他の一般的な機能構成はここでは省略している。

40

【0037】

通信部180は、ウェアラブル端末100と無線通信し、必要なデータをやりとりする。通信部180は、ウェアラブル端末100に音波測距の「開始信号」を送信し、ウェアラブル端末100から返信される「準備完了信号」を受信する。通信部180は、「準備完了信号」の受信後、再生部130および録音部140に測距信号の再生および録音を指示する。

【0038】

再生部130は所定の周波数帯域の測距信号を再生し、スピーカ110は測距信号音を出力する。スマートフォン200のマイク120はスピーカ110から出力された自分の

50

測距信号音と、ウェアラブル端末100から出力されてスマートフォン200に伝搬した測距信号音の両方を集音する。録音部140はマイク120に入力された測距信号音を録音ファイル記憶部150に記録する。

【0039】

エッジ検出部160は、録音ファイル記憶部150に記録された測距信号の音波の包絡線のエッジを検出することにより、スマートフォン200自身から出力された第1測距信号音P1の録音開始時刻T1と、ウェアラブル端末100から出力されスマートフォン200に伝搬した第2測距信号音P2の録音開始時刻T4とを測定する。これら2つの録音開始時刻T1、T4はスマートフォン200における信号のサンプリング周期の精度で得られる。

10

【0040】

時間差分測定部170は、エッジ検出部160により検出された第2測距信号音P2の録音開始時刻T4と第1測距信号音P1の録音開始時刻T1の差分($T4 - T1$)を測定する。通信部180は、ウェアラブル端末100から第2測距信号音P2の録音開始時刻T3と第1測距信号音P1の録音開始時刻T2の差分($T3 - T2$)を受信する。

【0041】

距離算出部190は、第2測距信号音P2の録音開始時刻T4と第1測距信号音P1の録音開始時刻T1の差分($T4 - T1$)から、第2測距信号音P2の録音開始時刻T3と第1測距信号音P1の録音開始時刻T2の差分($T3 - T2$)を減算し、2で割ることにより、上記の式(2)のように伝搬時間TOFを算出し、伝搬時間TOFに空気中の音速を乗算することにより、式(3)のようにスマートフォン200とウェアラブル端末100の間の距離dを算出する。

20

【0042】

表示部220は、距離算出部190により算出された距離dをスマートフォン200のディスプレイに表示する。騒音計210は、周囲の環境音を雑音として測定し、雑音レベルの指標を表示部220に与える。表示部220は、雑音レベルを表示するとともに、雑音レベルが一定の閾値以下になるまで音波測距ができない旨を表示する。

【0043】

図6(a)は、スマートフォン200で録音された測距信号音の波形を示すグラフであり、図6(b)は、ウェアラブル端末100で録音された測距信号音の波形を示すグラフである。横軸は時間、縦軸は信号の振幅である。それぞれ自分自身の端末から出力された測距信号の音波と、相手の端末から伝搬した測距信号の音波とが記録される。測距信号音が同じ音量の場合、自分の端末が再生した音は相手の端末から伝搬する音よりも大きく録音される。

30

【0044】

図6(a)に示されるように、スマートフォン200は、時刻T1において自分が再生した第1測距信号音P1の録音を開始する。スマートフォン200は、第1測距信号音P1を再生すると同時に録音することになるが、第1測距信号音P1の再生開始時刻を記録するのではなく、録音された第1測距信号音P1の波形から録音開始時刻T1を検出する。信号音の再生開始から実際に音出力されて録音されるまでの期間にスマートフォン200のオペレーティングシステムのタイムスケジューリングの影響により、第1測距信号音P1の再生開始時刻と録音開始時刻には短い時間であるがずれが生じることがあるからである。その後、スマートフォン200は、時刻T4においてウェアラブル端末100が再生した第2測距信号音P2の録音を開始する。

40

【0045】

図6(b)に示されるように、ウェアラブル端末100は、時刻T2においてスマートフォン200が再生した第1測距信号音P1の録音を開始する。その後、ウェアラブル端末100は、時刻T3において自分が再生した第2測距信号音P2の録音を開始する。ここでも、ウェアラブル端末100は、第2測距信号音P2を再生すると同時に録音することになるが、第2測距信号音P2の再生開始時刻を記録するのではなく、録音された第2

50

測距信号音 P 2 の波形から録音開始時刻 T 3 を検出する。ウェアラブル端末 1 0 0 のオペレーティングシステムのタイムスケジューリングの影響を受けずに、正確な録音開始時刻 T 3 を取得するためである。

【 0 0 4 6 】

ここで、時刻 T 1、T 2、T 3、T 4 は、録音ファイルとして記録された音波の包絡線検波等を用いて波形の立ち上がりタイミングをエッジ抽出することによって検出することができる。このように実際に再生・録音された音波データを時間測定に用いることで、ウェアラブル端末 1 0 0 やスマートフォン 2 0 0 のオペレーティングシステムのタイムスケジューリングに依存することなく、正確な時間測定を行うことができる。

【 0 0 4 7 】

測距信号音を利用した測距を行う際に、測定環境に騒音があると、測距信号音にノイズが加わり、正確な測定ができないか、誤った測定結果が出力されることがある。図 7 (a) は、騒音環境においてスマートフォン 2 0 0 で録音された測距信号音の波形を示すグラフであり、図 7 (b) は、騒音環境においてウェアラブル端末 1 0 0 で録音された測距信号音の波形を示すグラフである。

【 0 0 4 8 】

図 7 (a) および図 7 (b) に示されるように、騒音環境では再生された測距信号の音波にノイズが加わって録音され、また、測距信号が再生されていない期間も騒音が録音されるため、測距信号の音波のエッジが不明確になり、録音開始時刻 T 1、T 2、T 3、T 4 を音波の波形の立ち上がりタイミングとして正確に検出することができない。その結果、測距信号音の伝搬時間 T O F の算出ができなくなったり、誤った値が算出されることがある。そこで、音波測距を行う直前に、周囲の騒音レベルを測定し、正確な音波測距が行える状態であるかどうかを判定することが重要になる。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、スマートフォン 2 0 0 の画面 3 0 0 を説明する図である。メニュー 3 1 0 は音波測距のアプリケーションのメニュー画面を表示させるための操作ボタンである。騒音計 3 2 0 は、測距を行う上での周囲環境のノイズレベルを表示する。問題なく測距できるノイズレベルは「良好」、誤った測定結果を出力する可能性があるノイズレベルは「注意」、測定に適さないノイズレベルは「不可」である。

【 0 0 5 0 】

なお、各ノイズレベルの定量的な値の範囲は、測距信号音や端末のスピーカおよびマイクの性能等に依存するため、実験により定めるのが適当である。

【 0 0 5 1 】

図 8 では、騒音計 3 2 0 はノイズレベルが「良好」であることを示している。ユーザは「測定開始」ボタン 3 4 0 を押すことで音波測距を開始することができる。測定された距離は測定値 3 3 0 として表示される。ここでは「1 3 6 c m」と表示されている。

【 0 0 5 2 】

図 9 は、騒音のある環境でのスマートフォン 2 0 0 の画面 3 0 0 を説明する図である。騒音計 3 2 0 のノイズレベルが「不可」を示しており、「測定開始」ボタン 3 4 0 がグレースアウトされてユーザが操作できなくなるため、この状態では測距することはできない。

【 0 0 5 3 】

ユーザは、騒音計を利用して周囲の騒音が良好な状態になるのを待ってから測距する方法を選択することもできる。たとえば、車の往来が激しい道路沿いで測距を行う場合など、静かになるのを待ってから測距することが望ましい。その場合は、「測距登録」を行う。

【 0 0 5 4 】

図 1 0 は、測距登録を行う場合のスマートフォン 2 0 0 の画面 3 0 0 を説明する図である。騒音計のノイズレベルが「不可」であることを示しており、測距できない場合、メニュー 3 1 0 を操作すると、測距登録を促すダイアログ 3 5 0 が画面に表示される。

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

50

測距登録には2種類の選択肢がある。(1)騒音レベルが下がった場合に、自動で測距を行う「自動測距」モードと、(2)騒音レベルが下がった場合に、アラームが鳴動する「アラーム」モードである。ユーザはいずれかのモードを選択して、「設定」ボタンを押して測距登録する。自動測距モードの場合、騒音レベルが「良好」または「注意」になったときに自動で測距を開始し、測定結果が表示される。アラームモードの場合、騒音レベルが「良好」または「注意」になったときに、ユーザにアラームで測距可能であることを通知し、ユーザが測定開始ボタン340を押して測距を開始する。

【0056】

図11は、測距登録の際に待ち時間を設定する場合のスマートフォン200の画面300を説明する図である。測距登録において自動測距モードまたはアラームモードのいずれが登録された場合でも、いつ測距が始まるのかわからないため、ユーザは測距する対象の端でスマートフォン200を保持した状態で待機し続ける必要がある。ユーザはどれくらい待たされるかわからないため、不便である。そこで、測距登録した際に表示されるダイアログ360において「待ち時間」を設定することもできる。待ち時間は、たとえば、30秒、1分、2分などである。設定した待ち時間内に、騒音レベルが低くならず、測距ができなかった場合、アラーム音が鳴動し、時間切れであることをユーザに通知する。

10

【0057】

図12は、自動測距モードにおけるスマートフォン200の画面300を説明する図である。図11のダイアログ360で設定した待ち時間の残り時間370が表示される。また、自動測距をキャンセルするためのボタン380が表示される。ユーザはキャンセルボタン380を押すことで待ち時間内であっても自動測距を中止することができる。ここでは説明しないが、アラームモードの場合も同様に、残り時間とキャンセルボタンが表示される。

20

【0058】

ここまでは、騒音レベルが所定のレベル以下になる場合に測距を開始する構成を説明したが、以下では別の構成例として、騒音が所定のレベル以上であったとしても、騒音の周波数帯域を避けて測距信号を出力することで騒音のある環境でも測距が可能となる構成を説明する。

【0059】

図13は、スマートフォン200の機能構成図を説明する図である。図5の機能構成図とは違って、スマートフォン200は、周波数変換部230、ノイズレベル比較部240、および周波数選定部250の構成をさらに含む。

30

【0060】

周波数変換部230は、マイク120により集音された環境音を周波数領域に変換し、スペクトルを検出する。

【0061】

図14は、一例として、航空機内の環境音のスペクトルを示すグラフである。横軸は周波数、縦軸は振幅である。このスペクトラムにおいて、5000Hz以下、13000~17000Hz、および20000Hz付近にスパイク状の周波数成分を持つノイズがあることが分かる。これらのノイズのある周波数帯域を避けて測距信号音の周波数帯域を選ぶことで正確な測距を実現することが可能となる。

40

【0062】

ノイズレベル比較部240は、周波数変換部230により得られたスペクトラム成分のうち、たとえば0~20KHzの間で1000Hz毎に周波数強度を取得し、「測定データ」とする。

【0063】

周波数選定部250は、この「測定データ」と事前に設定しておいた「基準データ」とを比較し、「測定データ」が「基準データ」を越えない周波数領域を測距信号の周波数帯域として選定し、選定された周波数帯域を再生部130と通信部180に伝える。再生部130は、スピーカ110を駆動する測距信号を選定された周波数帯域に合わせて修正す

50

る。たとえば、再生部 130 は、測距信号をチャープ信号として生成するとき、選定された周波数帯域において周波数を連続的に変化させ、選定されていない周波数帯域は飛ばして不連続に周波数を変化させて信号を生成する。

【0064】

通信部 180 は選定された周波数帯域をウェアラブル端末 100 に送信する。ウェアラブル端末 100 の再生部 30 は、スピーカ 10 を駆動する測距信号を受信した選定周波数帯域に合わせて修正する。

【0065】

図 15 は、環境音の測定データとあらかじめ定められた基準データを示すグラフである。ノイズレベル比較部 240 により得られた環境音の測定データは白丸で示されている。それに対して、基準データは黒丸で示されている。基準データの取得方法として、例えば次の方法がある。たとえば、無響室などで、測距信号音に用いる周波数帯域それぞれに対応する雑音を発生させ、徐々に雑音の音量を上げていく。その雑音下であっても測距できる最大の雑音量を基準データとして定義する。この基準データは、ウェアラブル端末 100 およびスマートフォン 200 のスピーカおよびマイクの実特性により影響を受ける。基準データは、スマートフォン 200 内のメモリにテーブルとして保管される。

10

【0066】

周波数選定部 250 は、選定した周波数領域の環境音のノイズレベルを騒音計 210 に伝える。表示部 220 は騒音計 210 の示すノイズレベルをスマートフォン 200 の画面に表示する。選定されていない周波数領域でノイズが大きくても騒音計 210 のノイズレベルには反映されない。測距信号はノイズが大きい周波数領域を避けるように修正されているため、選定されていない周波数領域でノイズが大きくても測距が可能となる。

20

【0067】

以上述べた音波測距方法のさらなる改良として、携帯端末のスピーカとマイクの指向性を考慮して携帯端末の向きを調整することが考えられる。以下、この改良方法について説明する。

【0068】

より精度の高い測距を行うためには、ウェアラブル端末 100 のスピーカとマイクがスマートフォン 200 のスピーカとマイクに向いていることが望ましい。ウェアラブル端末 100 とスマートフォン 200 の間で測距信号音が直接伝達することになるので、信号音が壁や床などに反射することなく、正確な測距が行えるからである。

30

【0069】

スマートフォンの種類によっては、スピーカとマイクとが異なる方向を向いている場合もある。その場合には、スピーカを相手のデバイスに向けるべきである。一般的に、スピーカには指向性があるが、マイクは無指向性であるからである。

【0070】

スマートフォン 200 のスピーカとマイクの向きについて、ユーザが混乱しないように次に述べる機能を導入する。まず、スマートフォン 200 の測距アプリ起動時に、図 16 に示すように、スマートフォン 200 に内蔵されているスピーカとマイクの位置を示す画面 300 を表示する。本実施の形態のスマートフォン 200 では、スマートフォン 200 のタッチパネル面の上部にスピーカ 110 があり、下部にスピーカ 110 とマイク 120 があるため、その位置を符号 392、394 のように円で囲んで示す。また、その際、ユーザに対して、スマートフォン 200 のスピーカとマイクを手で覆わないように注意を促すメッセージ 390 を表示する。

40

【0071】

スマートフォン 200 の背面や側面にスピーカ 110 がある場合、スマートフォン 200 のタッチパネル面を操作しながらの測距は行いやすい。ところが、本実施の形態のようにタッチパネル面側にしかスピーカ 110 を持たないスマートフォン 200 で測距をする場合、スマートフォン 200 のスピーカ 110 をウェアラブル端末 100 に向けながらの測距はユーザに無理な姿勢を強いることになる。そこで、スピーカ 110 がタッチパネル

50

面にあるスマートフォン200を用いて測距を行う場合には、「測定開始」ボタン340を押した後、数秒後に測距が開始されるようにし、その間にユーザがスマートフォン200のスピーカ110をウェアラブル端末100に向けるようにすればよい。

【0072】

すなわち、「測定開始」ボタン340を押すと、図17に示すように、スマートフォン200のスピーカ110をウェアラブル端末100に向けるようにユーザに指示する画面300が表示される。ユーザは理解しやすいように、画面300にはどの向きにスマートフォン200を向けるのが矢印410で示される。また、その際、「画面をウェアラブル端末に向けてください。まもなく測距を始めます。」のようなメッセージ400が表示される。この画面300が表示された後、数秒経過すると測距が始まる。画面300の表示後、何秒経過後に測距を開始するかを、図11と同様の設定メニューで設定できるようにする。

10

【0073】

ここまででは、測距時におけるスマートフォン200のスピーカとマイクの向きについて説明したが、ウェアラブル端末100においてもスピーカとマイクの向きは当然重要である。測距時にウェアラブル端末100を測距する対象の遠端側に設置する場合、ウェアラブル端末100にディスプレイ機能があって、そこにメッセージが表示されていても離れた場所にいるユーザからは読むことができない。また、ウェアラブル端末100にディスプレイ機能がない場合もある。そこで、ウェアラブル端末100およびスマートフォン200に内蔵されている、加速度センサや地磁気センサを用いることで、最適な測距を実現する構成にしてもよい。

20

【0074】

一般に、加速度センサや地磁気センサを用いることで、それらのセンサを内蔵するデバイスの姿勢を検出できることが知られている。ウェアラブル端末100およびスマートフォン200の3次元の姿勢を表現するために、図18のような座標系を定義する。x軸まわりの角度をロール角、y軸のまわりの角度をピッチ角、z軸のまわりの角度をヨー角とする。各軸まわりの回転は軸が進む方向に時計回りを「正」とする。

【0075】

各デバイス(ウェアラブル端末100およびスマートフォン200)に内蔵されている加速度センサが水平になるように各デバイスが置かれているとして、静止しているとき、加速度センサは重力加速度gのみを検出する。このとき、加速度センサの出力 G_r と地磁気センサの出力 B_r は次式になる。

30

【0076】

【数1】

$$G_r = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$B_r = B \begin{pmatrix} \cos \delta \\ 0 \\ \sin \delta \end{pmatrix}$$

40

ここでBは地磁気強度、 δ は地磁気の伏角である。

【0077】

次にこの状態からz軸、y軸、x軸と回転させたときの加速度センサ出力 G_d と地磁気センサ出力 B_d は次式で表わされる。

【0078】

【数 2】

$$G_d = R_x(\phi)R_y(\theta)R_z(\psi)G_r = R_x(\phi)R_y(\theta)R_z(\psi) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$B_d = R_x(\phi)R_y(\theta)R_z(\psi)B_r = R_x(\phi)R_y(\theta)R_z(\psi)B \begin{pmatrix} \cos \delta \\ 0 \\ \sin \delta \end{pmatrix} \quad (2)$$

【0079】

式(1)および式(2)で用いた3つの回転行列は次式で表わされる。

10

【0080】

【数 3】

$$R_x(\phi) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$R_y(\theta) = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (4)$$

20

$$R_z(\psi) = \begin{pmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0081】

式(1)の両辺に逆方向のロールとピッチを掛けることにより次式を得る。

【数 4】

30

$$R_y(-\theta)R_x(-\phi)G_d = R_y(-\theta)R_x(-\phi) \begin{pmatrix} G_{dx} \\ G_{dy} \\ G_{dz} \end{pmatrix} = R_z(\psi) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0082】

ここで加速度センサの各軸方向の出力を

【数 5】

$$G_d = \begin{pmatrix} G_{dx} \\ G_{dy} \\ G_{dz} \end{pmatrix}$$

40

とした。

【0083】

式(6)を以下のように展開する。

【数 6】

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G_{dx} \\ G_{dy} \\ G_{dz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \sin \phi & \sin \theta \cos \phi \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G_{dx} \\ G_{dy} \\ G_{dz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} \quad (7)$$

【0084】

式(7)のy成分に着目すると次式を得る。

10

【数 7】

$$G_{dy} \cos \phi - G_{dz} \sin \phi = 0 \quad (8)$$

これを について解くと、

【数 8】

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{G_{dy}}{G_{dz}} \right) \quad (9)$$

20

となる。

【0085】

次に式(7)のx成分に着目すると次式を得る。

【数 9】

$$G_{dx} \cos \theta + G_{dy} \sin \theta \sin \phi + G_{dz} \sin \theta \cos \phi = 0 \quad (10)$$

これを について解くと、

【数 10】

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-G_{dx}}{G_{dy} \sin \phi + G_{dz} \cos \phi} \right) \quad (11)$$

30

を得る。

【0086】

次に、式(2)を用いて、ヨー角 を検出する方法について考える。式(6)と同様に、逆方向のロールとピッチを式(2)の両辺に掛けることで、次式を得る。

【数 11】

$$R_z(\psi) \begin{pmatrix} B \cos \delta \\ 0 \\ B \sin \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B \cos \delta \\ 0 \\ B \sin \delta \end{pmatrix} = R_y(-\theta) R_x(-\phi) B_d \quad (12)$$

40

【0087】

地磁気センサの出力を次のように定義し、式(12)を展開する。

【数 12】

$$B_d = \begin{pmatrix} B_{dx} \\ B_{dy} \\ B_{dz} \end{pmatrix}$$

50

【 0 0 8 8 】

【数 1 3】

$$\begin{pmatrix} \cos \psi B \cos \delta \\ -\sin \psi B \cos \delta \\ B \sin \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{dx} \\ B_{dy} \\ B_{dz} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \sin \phi & \sin \theta \cos \phi \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{dx} \\ B_{dy} \\ B_{dz} \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$\equiv \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \\ H_z \end{pmatrix} \quad (14)$$

10

【 0 0 8 9 】

、 既知であり、式 (1 3) の右辺を式 (1 4) のように定義すると、

【数 1 4】

$$\cos \psi B \cos \delta = H_x \quad (15)$$

$$\sin \psi B \cos \delta = -H_y \quad (16)$$

を得る。

20

【 0 0 9 0 】

式 (1 5) および式 (1 6) より、 を求める。

【数 1 5】

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{-H_y}{H_x} \right) \quad (17)$$

【 0 0 9 1 】

以上より、加速度センサと地磁気センサとを用いて、ウェアラブル端末 1 0 0 およびスマートフォン 2 0 0 の姿勢を求められることが分かる。

30

【 0 0 9 2 】

この姿勢情報を用いて、ウェアラブル端末 1 0 0 のスピーカ 1 0 およびマイク 2 0 と、スマートフォン 2 0 0 のスピーカ 1 1 0 およびマイク 1 2 0 とがどのような姿勢で向き合っているかを知ることができる。もちろん、ウェアラブル端末 1 0 0 およびスマートフォン 2 0 0 の絶対的な位置関係は検出できないので、横ずれや高さずれなどには対応できないが、スピーカの拡がり角内であれば、音波測距が可能であるから、測距不能となることは少ない。

【 0 0 9 3 】

ウェアラブル端末 1 0 0 の向きとスマートフォン 2 0 0 の向きが成す角を考える。ここでは、簡便のため、スピーカとマイクの向きがそれぞれのデバイスの向きと同じであると

40

【 0 0 9 4 】

ウェアラブル端末 1 0 0 の向きを単位ベクトル w とし、スマートフォン 2 0 0 の向きを単位ベクトル s とする。この二つのベクトルのなす角を とすると、

【数 1 6】

$$\beta = \cos^{-1} (w \cdot s) \quad (18)$$

となる。

【 0 0 9 5 】

50

この角 β が 180° であれば、お互いに (a) 向き合っているか、(b) 反対方向を向いているかのどちらかである。図 17 で説明したように、ユーザにスピーカの正しい向きを指示するインタフェースを導入していることから、スマートフォン 200 を (b) の反対方向に向けてしまうユーザは少ないと考える。スマートフォン 200 がウェアラブル端末 100 側を向いていれば、ウェアラブル端末 100 の向きが正しいかどうかの判断はできる。

【0096】

なお、角 β は 180° である必要はなく、例えば、測距できる最大の向きのずれを θ_{max} とすると、次式を満たせばよい。

【数 17】

$$180 - \theta_{max} \leq \beta \leq 180 + \theta_{max} \quad (19)$$

θ_{max} の値は実験などから求めることができる。

【0097】

図 19 は、ウェアラブル端末 100 およびスマートフォン 200 の姿勢検出を用いた測距処理の流れを説明する図である。

【0098】

スマートフォン 200 は、ブルートゥース（登録商標）などの近距離無線通信によりウェアラブル端末 100 に対して姿勢情報要求信号を送信する (S30)。スマートフォン 200 は、加速度センサおよび地磁気センサにより自分自身の姿勢を検出する (S32)。

【0099】

スマートフォン 200 から姿勢情報要求信号を受信したウェアラブル端末 100 は自分自身の姿勢を検出し (S34)、検出した姿勢情報をスマートフォン 200 に送信する (S36)。

【0100】

ウェアラブル端末 100 から姿勢情報を受信したスマートフォン 200 は、ウェアラブル端末 100 の姿勢情報とスマートフォン 200 の姿勢情報とを用いて姿勢判定を行う (S38)。具体的には、式 (18) により、ウェアラブル端末 100 の向きとスマートフォン 200 の向きがなす角 β を求め、角 β が式 (19) の範囲にあるかどうかを調べる。

【0101】

角 β が式 (19) を満たせば (S38 の Y)、図 2 で説明した測距処理に進む。角 β が式 (19) を満たさない場合 (S38 の N)、ユーザにウェアラブル端末 100 とスマートフォン 200 の向きを調整することを促すメッセージをスマートフォン 200 の画面に表示する (S40)。ユーザがウェアラブル端末 100 および / またはスマートフォン 200 の向きを変えるとステップ S30 に戻り、それ以降の手順を繰り返す。

【0102】

以上説明したように、本実施の形態の音波測距方法によれば、1 台の携帯端末を距離測定対象の一方の端点に、もう 1 台の携帯端末を距離測定対象の他方の端点に設置し、携帯端末間で信号音を発信し合い、各携帯端末において自分の信号音と相手の信号音を録音する。各携帯端末において録音された自分の信号音の音波の録音開始時刻と相手の信号音の音波の録音開始時刻の差を求め、2 台の携帯端末の録音開始時刻の時間差から信号音の伝搬時間を算出し、携帯端末間の距離を算出する。

【0103】

各携帯端末において独立して自分の信号音の録音開始時刻と相手の信号音の録音開始時刻の差分を求めることができるため、2 台の携帯端末の間で時間の同期をとったり、キャリブレーションを行う必要がないという利点がある。

【0104】

CPU のクロックカウンタなどから測距信号の再生時刻を取得するのではなく、実際に

10

20

30

40

50

測距信号音の録音を開始した時刻を得ることにより、オペレーティングシステムのタイムスケジューリングの影響を受けずに録音開始時刻を計測することができる。また、測距信号音の録音開始時刻を録音された信号音の音波の包絡線のエッジから求めることにより、正確な録音開始時刻をサンプリング周期の精度で求めることができる。

【0105】

また、音波測距の際、騒音計を用いてノイズレベルをあらかじめ測定し、測距の精度が保証されるときのみ、測距を行う。周囲の騒音状態をモニタすることで、自動で測距を始めたり、アラームで騒音レベルが下がったことをユーザに知らせることができ、騒音環境下でも騒音の少ないタイミングを選んで精度の高い測距を行うことができる。

【0106】

さらに、騒音の周波数解析を行ってノイズの影響を受けにくい測距信号の周波数帯域を選定することにより、特定の周波数帯域の騒音が常にある環境下でも高い精度で測距を行うことができる。

【0107】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0108】

そのような変形例として、上記の実施の形態では、第1測距信号(往路)と第2測距信号(復路)を用いて信号音の伝搬時間を求めたが、往復の測距信号の発信をn回繰り返し、n回分の録音開始時刻の差から信号音の伝搬時間TOFを求めることで測定精度をn倍に高める構成としてもよい。

【符号の説明】

【0109】

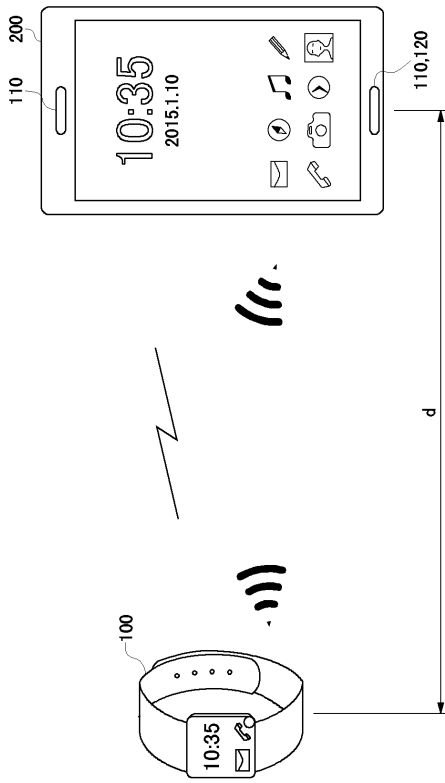
10 スピーカ、 20 マイク、 30 再生部、 40 録音部、 50 録音ファイル記憶部、 60 エッジ検出部、 70 時間差分測定部、 80 通信部、 100 ウェアラブル端末、 110 スピーカ、 120 マイク、 130 再生部、 140 録音部、 150 録音ファイル記憶部、 160 エッジ検出部、 170 時間差分測定部、 180 通信部、 190 距離算出部、 200 スマートフォン、 210 騒音計、 220 表示部、 230 周波数変換部、 240 ノイズレベル比較部、 250 周波数選定部。

10

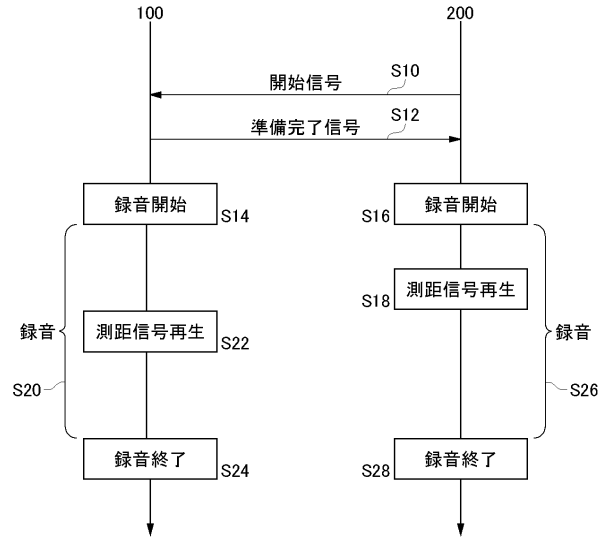
20

30

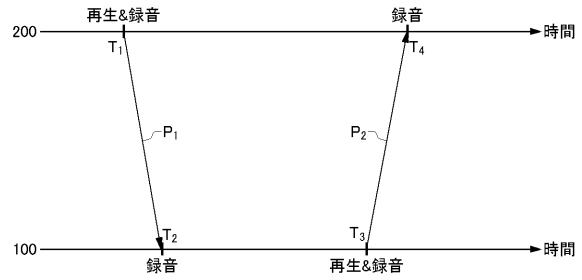
【図1】



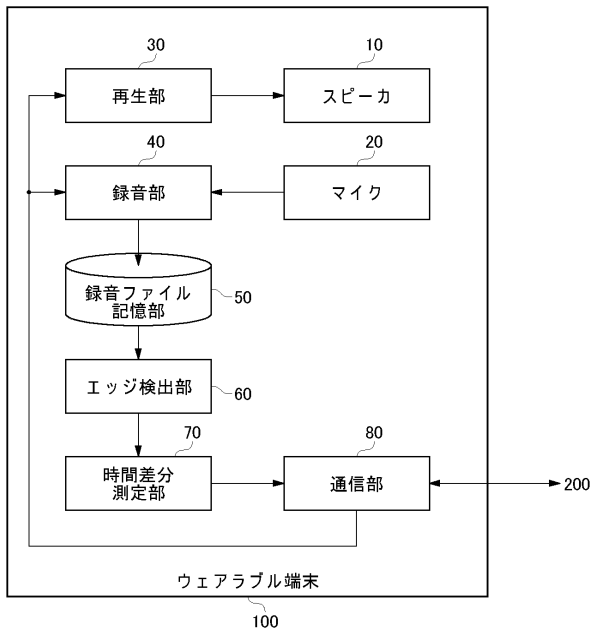
【図2】



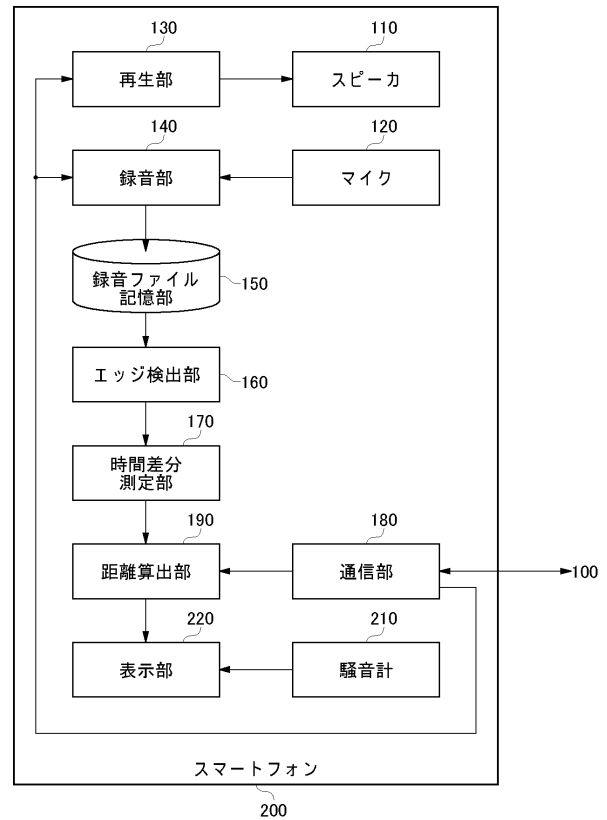
【図3】



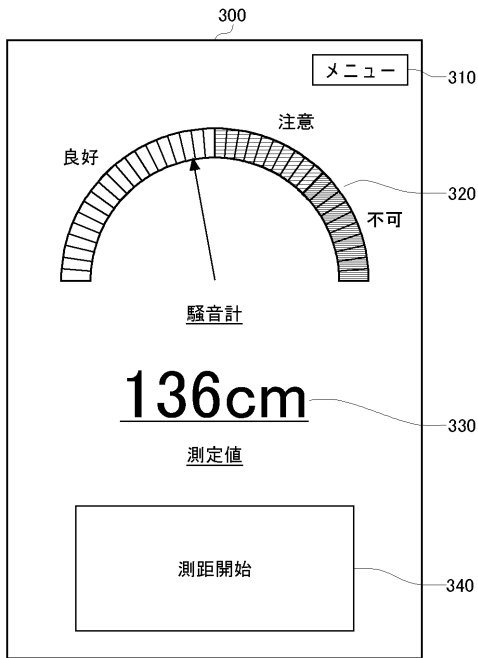
【図4】



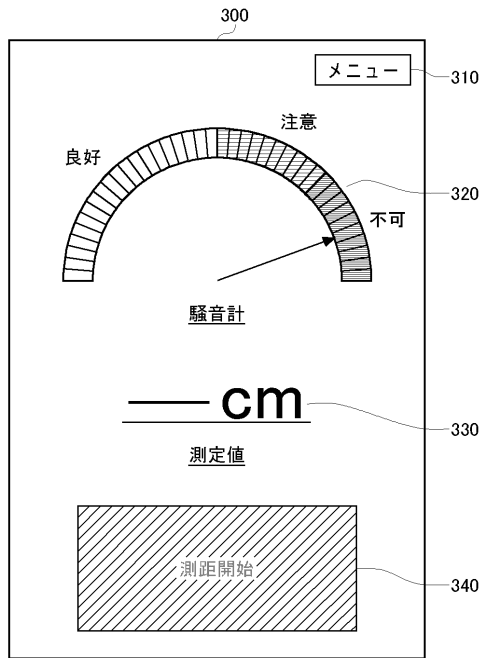
【図5】



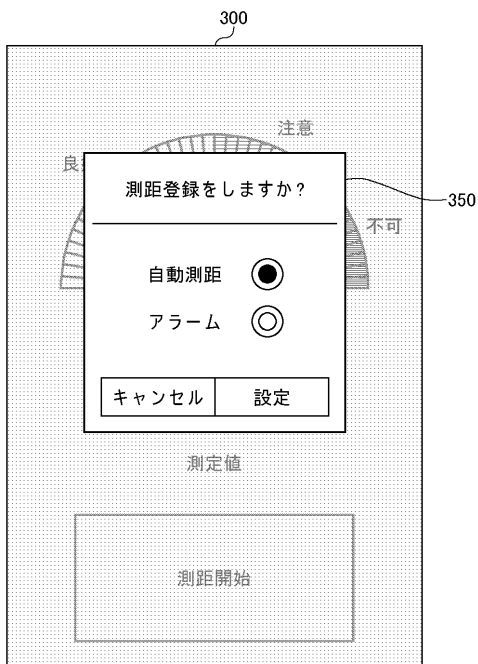
【図8】



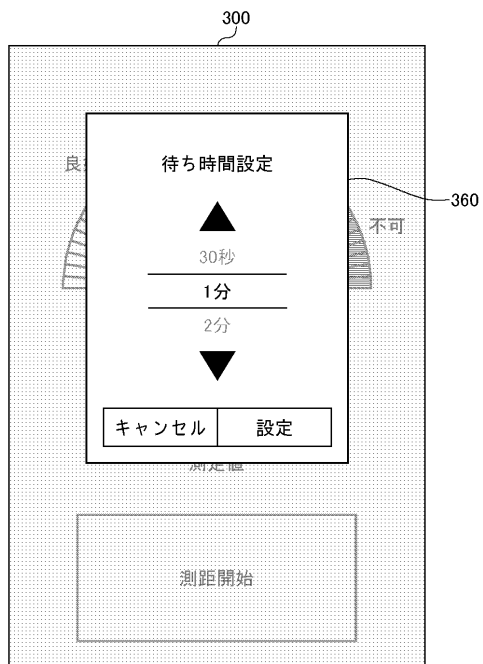
【図9】



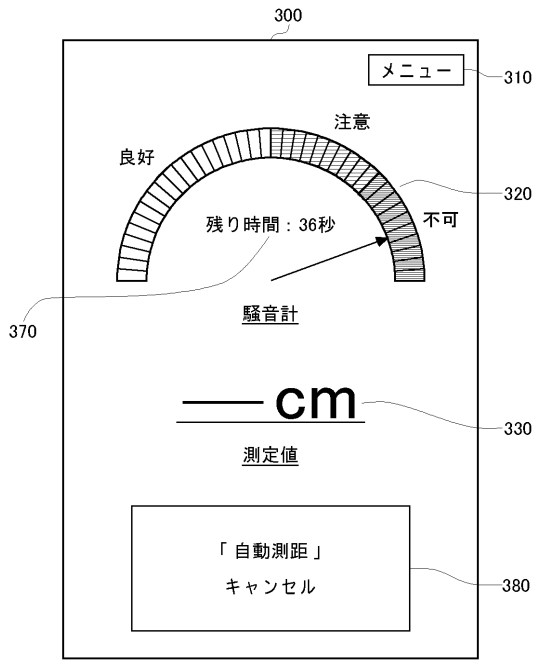
【図10】



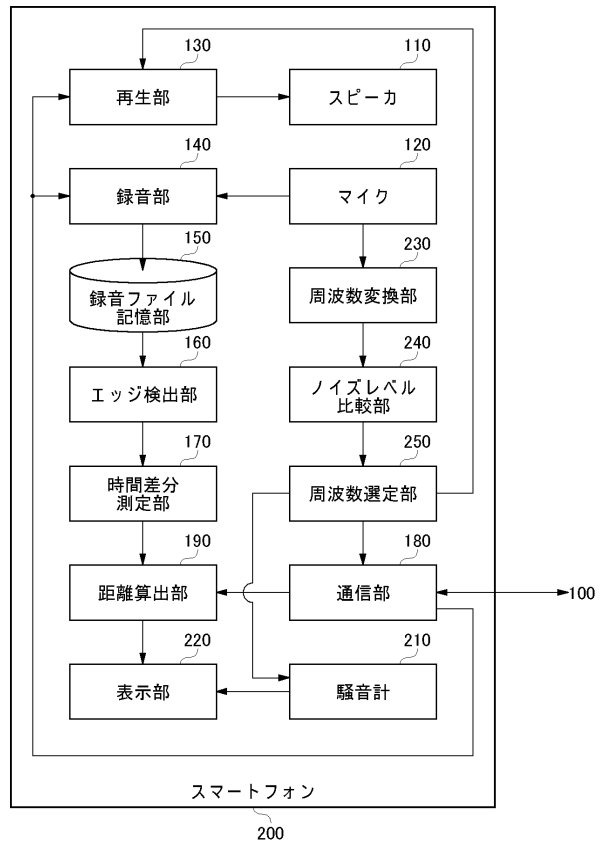
【図11】



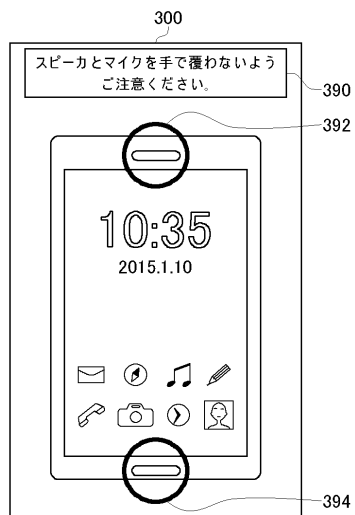
【図12】



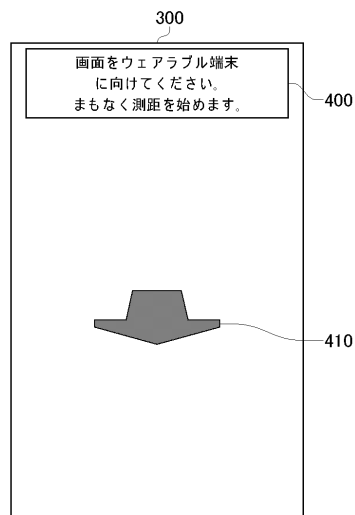
【図13】



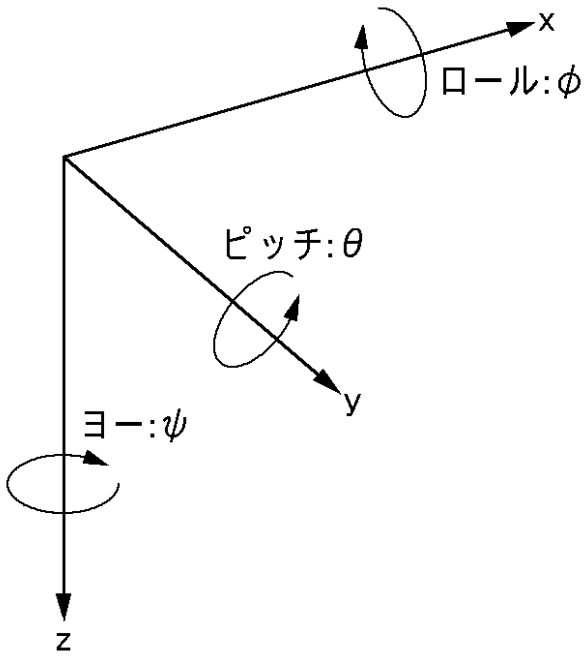
【図16】



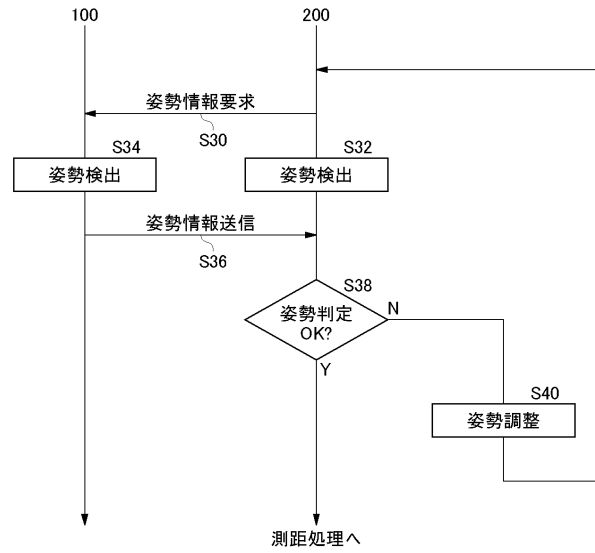
【図17】



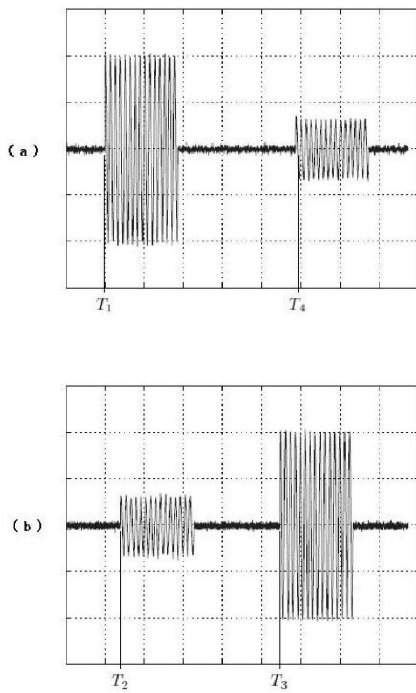
【図18】



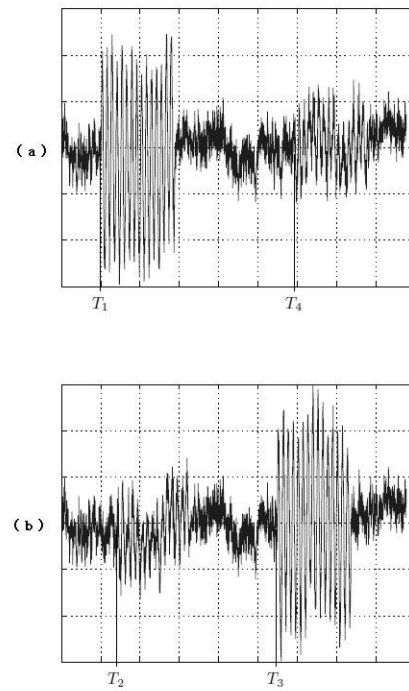
【図19】



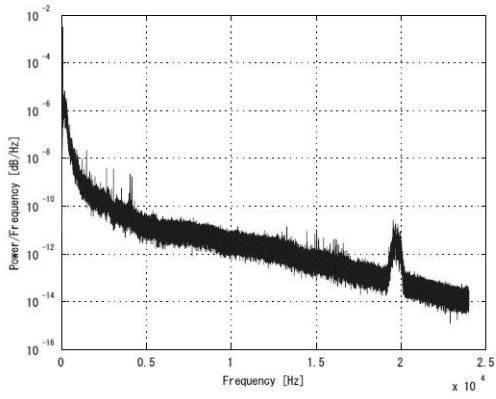
【図6】



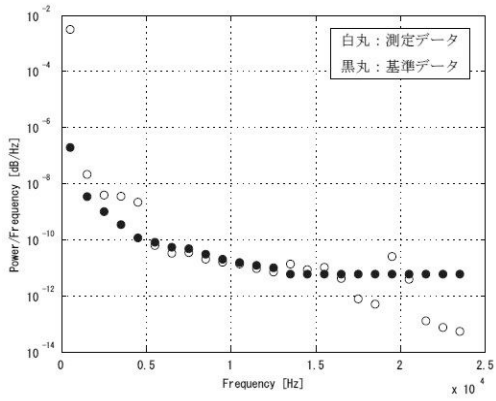
【図7】



【 14 】



【 15 】



フロントページの続き

- (72)発明者 堀江 和由
東京都港区港南1丁目7番1号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内
- (72)発明者 佐々木 英征
神奈川県藤沢市辻堂新町3-3-1 ソニーエンジニアリング株式会社内

審査官 高 場 正光

- (56)参考文献 特開2014-066529(JP,A)
特開2009-236776(JP,A)
特開平01-101488(JP,A)
米国特許第06678209(US,B1)
特開平05-240954(JP,A)
特開2003-043143(JP,A)
特開2015-014504(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 1/72 - G01S 1/82
G01S 3/80 - G01S 3/86
G01S 5/18 - G01S 5/30
G01S 7/52 - G01S 7/64
G01S 11/00 - G01S 11/16
G01S 15/00 - G01S 15/96