(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2023-164398
(P2023-164398A)
(43)公開日　令和5年11月10日(2023.11.10)

| (51)国際特許分類 | | FI | | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|---|---|
| *G01S 5/02 (2010.01)* | | G01S | 5/02 | Z | 5J062 |

審査請求　未請求　請求項の数　21　OL　外国語出願　（全31頁）

(21)出願番号　特願2023-74580(P2023-74580)
(22)出願日　令和5年4月28日(2023.4.28)
(31)優先権主張番号　17/733,919
(32)優先日　令和4年4月29日(2022.4.29)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

（特許庁注：以下のものは登録商標）
１．ブルートゥース

(71)出願人　507364997
サイプレス セミコンダクター コーポレーション
Ｃｙｐｒｅｓｓ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５１３４ サンノゼ チャンピオン コート １９８
１９８ Ｃｈａｍｐｉｏｎ Ｃｏｕｒｔ，Ｓａｎ Ｊｏｓｅ，ＣＡ ９５１３４，Ｕｎｉｔｅｄ Ｓｔａｔｅｓ ｏｆ Ａｍｅｒｉｃａ
(74)代理人　100114890
弁理士　アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　無線アプリケーションにおける移動物体の軌跡の決定および追跡

(57)【要約】
【課題】開示される実施態様は、無線デバイスの環境内の物体の軌跡の効果的な決定および追跡のための技術およびシステムを記載する。
【解決手段】開示された技術は、とりわけ、それぞれの検知イベントの間無線デバイスの環境内の物体から受信される１つまたは複数の無線信号を特徴付ける検知値の複数のセットを決定することを含む。複数の尤度ベクトルは、検知値を用いて取得されてもよく、物体が無線デバイスから特定の距離にある尤度を特徴付ける。尤度テンソルは、物体が軌跡のセットのうちの１つの軌跡に沿って移動しているという尤度を特徴付ける尤度ベクトルに基づいて生成されてもよい。尤度テンソルを用いて、物体の軌跡の推定を決定してもよい。
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
無線デバイスによって、検知値の複数のセットを決定するステップであって、検知値の各セットは、複数の検知イベントのそれぞれ１つの間、前記無線デバイスの環境内に位置する物体から受信した１つまたは複数の無線信号を特徴付けるステップと、
複数の尤度ベクトル（ＬＶ）を取得するステップであって、前記複数のＬＶの各々は、検知値の前記複数のセットのそれぞれのセットを用いて取得され、前記物体が前記無線デバイスからの距離のセットのうちの１つの距離に位置するという尤度を特徴付けるステップと、
前記複数のＬＶのうちの２つ以上のＬＶを用いて、尤度テンソル（ＬＴ）を生成するステップであって、前記ＬＴは、１つまたは複数の距離次元および１つまたは複数の速度次元を備える位置－速度空間上で定義され、前記ＬＴは、前記物体が軌跡のセットのうちの１つの軌跡に沿って移動しているという尤度を特徴付けるステップと、
前記ＬＴを用いて、前記物体の推定された軌跡を決定するステップと、
を含む方法。
【請求項２】
前記複数のＬＶの各々は、複数の要素を有するステアリングベクトルを用いて取得され、
前記複数の要素の各々は、前記無線デバイスと前記物体との間の経路を通じた前記１つまたは複数の無線信号のそれぞれの無線信号の伝播を特徴付ける、
請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記複数のＬＶの各々は、検知値の前記複数のセットのそれぞれのセットの共分散行列の１つまたは複数のノイズ固有ベクトルまたは信号固有ベクトルを用いて取得される、
請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記位置－速度空間の前記１つまたは複数の距離次元は、基準時間における前記物体の２つの空間座標を備え、前記位置－速度空間の前記１つまたは複数の速度次元は、前記物体の２つの速度成分を備える、
請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記ＬＴを生成するステップは、
検知値の前記複数のセットを用いて、前記ＬＴの要素の第１のセットを計算するステップと、
前記ＬＴの要素の前記第１のセットからの内挿を用いて、前記ＬＴの要素の第２のセットを計算するステップと、
を含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項６】
前記ＬＴの要素の前記第１のセットは、前記複数のＬＶの各ＬＶの少なくともいくつかの要素を備える、
請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記方法は、
検知値の新しいセットを決定するステップと、
検知値の前記新しいセットを用いて、新しいＬＶを取得するステップと、
前記新しいＬＶを用いて、前記ＬＴを更新するステップと、
更新された前記ＬＴを用いて、前記物体の前記推定された軌跡を更新するステップと、
をさらに含む、
請求項１に記載の方法。

【請求項８】
前記ＬＴを更新するステップは、前記ＬＴから最も古いＬＶを除去するステップを含む、
請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記ＬＴを更新するステップは、フィルタを前記ＬＴの要素に適用するステップを含み、前記フィルタを適用するステップは、
前記新しいＬＶおよび
前記ＬＴの前記要素の時間的変化を予測するモデル
に基づいて、前記ＬＴの前記要素を修正するステップを含む、
請求項７に記載の方法。
【請求項１０】
前記物体の前記推定された軌跡を決定するステップは、前記ＬＴの１つまたは複数の極値を識別するステップを含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項１１】
前記物体の前記推定された軌跡を決定するステップは、前記物体までの最短距離に関連付けられた前記ＬＴの極値を選択するステップをさらに含む、
請求項９に記載の方法。
【請求項１２】
前記ＬＴは、異なる無線デバイスによって測定される検知値に基づいて取得される１つまたは複数のＬＶを用いて生成される、
請求項１に記載の方法。
【請求項１３】
無線機と、
メモリと、
前記メモリに結合された処理デバイスと、
を備える装置であって、
前記処理デバイスは、
検知値の複数のセットを測定するステップであって、検知値の各セットは、複数の検知イベントのそれぞれ１つの間、無線デバイスの環境内に位置する物体から受信した１つまたは複数の無線信号を特徴付けるステップと、
複数の尤度ベクトル（ＬＶ）を取得するステップであって、前記複数のＬＶの各々は、検知値の前記複数のセットのそれぞれのセットを用いて取得され、前記物体が前記無線デバイスからの距離のセットのうちの１つの距離に位置するという尤度を特徴付けるステップと、
前記複数のＬＶのうちの２つ以上のＬＶを用いて、尤度テンソル（ＬＴ）を生成するステップであって、前記ＬＴは、１つまたは複数の距離次元および１つまたは複数の速度次元を備える位置－速度空間上で定義され、前記ＬＴは、前記物体が軌跡のセットのうちの１つの軌跡に沿って移動しているという尤度を特徴付けるステップと、
前記ＬＴを用いて、前記物体の推定された軌跡を決定するステップと、
を行うように構成される、
装置。
【請求項１４】
前記複数のＬＶの各々を取得するために、前記処理デバイスは、
検知値の前記複数のセットを用いて、前記ＬＴの要素の第１のセットを計算するステップであって、前記ＬＴの要素の前記第１のセットは、前記複数のＬＶの各ＬＶの少なくともいくつかの要素を備えるステップと、
前記ＬＴの要素の前記第１のセットからの内挿を用いて、前記ＬＴの要素の第２のセットを計算するステップと、

を行う、
請求項１３に記載の装置。
【請求項１５】
前記処理デバイスは、
検知値の新しいセットを測定するステップと、
検知値の前記新しいセットを用いて、新しいＬＶを取得するステップと、
前記新しいＬＶを用いて、前記ＬＴを更新するステップと、
更新された前記ＬＴを用いて、前記物体の前記推定された軌跡を更新するステップと、
を行う、
請求項１３に記載の装置。
【請求項１６】
前記ＬＴを更新するために、前記処理デバイスは、
前記ＬＴから最も古いＬＶを除去するステップと、
フィルタを前記ＬＴの要素に適用し、前記新しいＬＶおよび前記ＬＴの前記要素の時間的変化を予測するモデルに基づいて、前記ＬＴの前記要素を修正するステップと、
を行う、
請求項１５に記載の装置。
【請求項１７】
前記処理デバイスは、異なる無線デバイスによって測定される検知値に基づいて取得される１つまたは複数のＬＶを用いて、前記ＬＴを生成する、
請求項１３に記載の装置。
【請求項１８】
アプリケーションを実行するように構成されるホストデバイスと、
前記ホストデバイスに通信結合された無線デバイスと、
を備えるシステムであって、
前記無線デバイスは、
１つまたは複数のアンテナを備える無線機と、
無線コントローラと、
を備え、
前記無線コントローラは、
検知値の複数のセットを測定するステップであって、検知値の各セットは、複数の検知イベントのそれぞれ１つの間、前記無線デバイスの環境内に位置する物体から受信した１つまたは複数の無線信号を特徴付けるステップと、
複数の尤度ベクトル（ＬＶ）を取得するステップであって、前記複数のＬＶの各々は、検知値の前記複数のセットのそれぞれのセットを用いて取得され、前記物体が前記無線デバイスからの距離のセットのうちの１つの距離に位置するという尤度を特徴付けるステップと、
前記複数のＬＶのうちの２つ以上のＬＶを用いて、尤度テンソル（ＬＴ）を生成するステップであって、前記ＬＴは、１つまたは複数の距離次元および１つまたは複数の速度次元を備える位置－速度空間上で定義され、前記ＬＴは、前記物体が軌跡のセットのうちの１つの軌跡に沿って移動しているという尤度を特徴付けるステップと、
前記ＬＴを用いて、前記物体の推定された軌跡を決定するステップと、
前記物体の前記推定された軌跡を前記アプリケーションに提供するステップと、
を行うように構成される、
システム。
【請求項１９】
前記複数のＬＶの各々を取得するために、前記無線コントローラは、
検知値の前記複数のセットを用いて、前記ＬＴの要素の第１のセットを計算するステップであって、前記ＬＴの要素の前記第１のセットは、前記複数のＬＶの各ＬＶの少なくともいくつかの要素を備えるステップと、

前記ＬＴの要素の前記第１のセットからの内挿を用いて、前記ＬＴの要素の第２のセットを計算するステップと、
を行う、
請求項１８に記載のシステム。
【請求項２０】
前記無線コントローラは、
検知値の新しいセットを測定するステップと、
検知値の前記新しいセットを用いて、新しいＬＶを取得するステップと、
前記新しいＬＶを用いて、前記ＬＴを更新するステップと、
更新された前記ＬＴを用いて、前記物体の前記推定された軌跡を更新するステップと、
をさらに行う、
請求項１８に記載のシステム。
【請求項２１】
前記ＬＴを更新するために、前記無線コントローラは、
前記ＬＴから最も古いＬＶを除去するステップと、
フィルタを前記ＬＴの要素に適用し、前記新しいＬＶおよび前記ＬＴの前記要素の時間的変化を予測するモデルに基づいて、前記ＬＴの前記要素を修正するステップと、
を行う、
請求項２０に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、無線ネットワークに関するものである。より詳しくは、本開示は、この種のデバイスまでの距離に関する情報を伝達する検知信号を検出することによって、無線デバイスの位置および速度を測定することに関するものである。本開示は、さらに、距離情報を用いてデバイスの軌跡を高速かつ効果的に決定および追跡することに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
パーソナルエリアネットワーク（ＰＡＮ）、例えばブルートゥース（ＢＴ）、ブルートゥースローエナジー（ＢＬＥ）およびワイヤレスローカルエリアネットワーク（ＷＬＡＮ）、例えば、ＩＥＥＥ８０２．１１または他の無線標準の下で動作するＷｉＦｉネットワークおよび他のネットワークは、無線接続をさまざまな個人、産業、科学および医療用途に提供する。多くのＢＴ、ＢＬＥおよびＩＥＥＥ８０２．１１アプリケーションは、無線デバイスを担持するさまざまな物体の正しいローカライゼーションを前提とする識別および安全な通信を用いる。例えば、自動車用途は、キーフォブが車に近接していることに基づいて、キーフォブをローカライズ（位置特定）し、車をロック／アンロック／スタートさせる受動的なキーレスエントリーシステムを展開する。同様に、タイヤ空気圧監視システムは、圧力が特定の読み値未満に落ちる特定のタイヤを識別する。ＢＬＥ仕様は、例えば、受信した無線信号の信号強度（例えば、受信信号強度表示、ＲＳＳＩ）、無線信号の到来角（方向）（ＡｏＡ）飛行時間型の（ＴｏＦ）チャネル検知を用いた高精度距離測定（ＨＡＤＭ）、位相ベースレンジング（ＰＢＲ）および他の技術を推定することによって、物体ローカライゼーションを実行するためのさまざまな技術を定義する。ＡｏＡは、（空間内の異なる点に位置決めされる）センサに到達する１つまたは複数の未変調のトーンの位相差を利用する複数のセンサ（アンテナ）を用いて、波伝播の方向を推定する。同様に、チャネル検知（例えば、ＨＡＤＭ）は、イニシエータ無線デバイスから戻り無線デバイスまで戻る経路に沿って異なる周波数の複数の信号によって蓄積される位相遅延を測定することによって、物体（例えば、他のＢＬＥデバイス）までの距離を推定する。
【図面の簡単な説明】
【０００３】

【図１】いくつかの実施態様に従って、無線デバイスによる軌跡決定および追跡のための一例のセットアップを示す。
【図２】いくつかの実施態様に従って、無線ネットワーク内の移動物体の軌跡の位相検知ベースの曖昧性の除去を示す距離－時間図を描写する。
【図３】いくつかの実施態様に従って、尤度テンソルの最適化のプロセスを示す。図３Ａは、位置－速度空間内のグリッドを描写し、グリッドの各要素（正方形）は、第１の検知イベントのために取得される尤度テンソルの対応する値に関連付けられる。図３Ｂは、第２の検知イベントのために取得される追加データの処理を示す。
【図４】いくつかの実施態様に従って、複数経路送信および反射がある場合の軌跡決定および追跡の適用を示す。
【図５Ａ】デカルト座標の原点に位置する無線デバイスによる、物体の２次元の軌跡決定および追跡を示す。
【図５Ｂ】複数の無線デバイスによって取得された検知データを用いた、物体の軌跡決定および追跡を示す。
【図５Ｃ】いくつかの実施態様に従って、物体の軌跡決定および追跡のための無線システムアーキテクチャを示す。
【図６Ａ】いくつかの実施態様に従って、単一の検知ステーションを用いた距離ベースの軌跡決定および追跡の間の動作フローの例を示す。
【図６Ｂ】いくつかの実施態様に従って、複数の検知ステーションを用いた距離ベースの軌跡決定および追跡の間の動作フローの例を示す。
【図７Ａ】いくつかの実施態様に従って、物体の高速かつ正確なローカライゼーションのための効果的な軌跡決定および追跡をサポートすることができる無線（ＢＴおよび／またはＢＬＥ）システムの１つの例示的な実施態様を示す。
【図７Ｂ】いくつかの実施態様に従って、物体の高速かつ正確なローカライゼーションのための効果的な軌跡決定および追跡をサポートすることができる無線（ＷＬＡＮ）システムの１つの例示的な実施態様を示す。
【図８】いくつかの実施態様に従って、無線デバイスの環境内の物体の軌跡の効果的な距離ベースの決定の一例の方法のフロー図である。
【図９】いくつかの実施態様に従って、無線デバイスの環境内の物体の軌跡の効果的な距離ベースの追跡の一例の方法のフロー図である。
【発明を実施するための形態】
【０００４】
さまざまなアプリケーションにおいて、無線デバイスおよび無線デバイスを携行するさまざまな移動する（または移動可能な）物体、例えば、人々、車両、携帯電話、キーフォブ、倉庫内に格納されるアイテムなどは、無線（ｗｉｒｅｌｅｓｓ）（例えば、無線（ｒａｄｉｏ））信号を用いて追跡されてもよい。物体までの距離は、（例えば、ＰＢＲ技術を用いて）一連の時間$t_i$のために測定されてもよく、物体の軌跡は、測定された距離$d_i$（$t_i$）に基づいて決定されてもよい。次に、物体の軌跡は、さまざまな技術を用いて、例えば、カルマンフィルタを展開し、実際の距離ｄ（ｔ）、その第１の時間導関数
【数１】

$$\dot{d}(t)$$

第２の時間導関数
【数２】

$$\ddot{d}(t)$$

などを推定することによって、推定可能である。あるアプリケーションでは、軌跡推定は、測定データを処理するためのニューラルネットワークおよび／または他の技術を用いて

実行される。すべてのこの種のアプローチは、典型的には、自動車用途、モノのインターネットアプリケーション、検知および監視アプリケーションなどで用いられる低出力マイクロプロセッサデバイスの計算資源を超えうる測定されたデータの著しい後処理を含む。

【０００５】

本開示の態様および実施態様は、検知信号を用いて軌跡を決定および追跡するシステムおよび方法を使用可能にすることによって、既存の技術のこれらおよび他の制限を対象にしており、物体へのおよび物体からの伝播の過程において、検知信号の位相変化を検出および分析してもよい。より詳しくは、さまざまな信号処理技術を用いて、物体までの距離が検知時に特別の値ｄを有するという分散Ｐ（ｄ）を推定してもよく、分散Ｐ（ｄ）は、この開示の全体にわたり尤度ベクトルとも呼ばれる。本質的にノイズが多い無線機環境に起因して、分散（尤度ベクトル）は、距離のいくつかの値で最大値を有しうるが、なんらかの不確定度（幅）を所有しうる。各検知イベントのための最も見込みのある距離ｄを識別し、次に、追加の検知イベントによりこの最も見込みのある距離を追跡して物体の軌跡を決定する従来技術と異なり、本願明細書において開示される技術は、最初に、尤度ベクトル（または異なる検知イベントのために取得された尤度ベクトルのセット$P_i$（ｄ））を尤度テンソル、例えば、Ｐ（$d_0$，ｖ）に変換する。１つの非限定的な例において、尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）は、値（要素）が尤度を特徴付ける位置－距離空間$d_0$－ｖにおけるテンソルでもよく、物体の軌跡、例えば、ｄ（ｔ）＝$d_0$＋ｖｔは、特定の基準距離$d_0$（なんらかの基準時間（例えば、ｔ＝０）における物体までの距離）および速度ｖによって記載される。次に、軌跡の推定は、検知データの各追加のセットによって更新されてもよい尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）の最大値を識別することによって実行されてもよく、その結果、（例えば、加減速に起因した）物体の軌跡の変化は、リアルタイムに追跡されてもよい。記載されている技術は、尤度テンソルの複数の最大値として現れる、戻り信号の複数の経路の曖昧性の除去を可能にする。多数の追加の実施態様は、本願明細書において開示される。例えば、距離$d_s$の限定されたセットのために、減少した数の尤度ベクトルＰ（$d_s$）の要素が計算されてもよく、次に、（例えば、内挿技術を用いて）尤度ベクトルのより大きいアレイの値に拡大されてもよい。類似の技術は、尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）の要素の計算のために用いられてもよい。

【０００６】

ＢＬＥシステムの一例において、検知イベントの間、１から８０ＭＨｚの間隔で、ＢＴバンド幅（すなわち、２．４０２ＧＨｚから２．４８０ＧＨｚまで）からの異なる周波数（トーン）$f_j$（ｊ∈［１，Ｎ］）のＮ個の波は、他の無線デバイスまたはこの種の無線デバイスを運搬する物体の軌跡追跡を実行する無線デバイスによって送信されてもよい。いくつかのＩＥＥＥ８０２．１１無線システムの他の例において、サンプルセットのトーンは、パケットのロングトレーニングフィールド（ＬＴＦ）において同時に送信される副搬送波でもよい。送信信号は、戻りデバイス（軌跡が推定されているデバイス）によって、同じ経路に沿って反射されてもよい。センサ（例えば、アンテナ）は、Ｎ個の戻り信号の到着を検出し、これらの信号から位相情報を抽出してもよく、位相情報は、進行経路の長さを表す。（本願明細書においてサブイベントと呼ばれる）各到着する周波数$f_j$の検出は、対応する検知値$r_j$を生成する。検知値のセット｛$r_j$｝を用いて、この特定の検知イベントのための尤度ベクトル$P_i$（ｄ）を取得してもよい（下付きのｉによって識別される）。

【０００７】

いくつかの例において、物体によって反射されるＮ個の信号は、複数の、例えば、ｎ個の経路（見通し線伝播に対応する経路、ならびに、壁、天井および／または他の物体からの反射（多重反射を含む）を含む経路を含む）に続いてもよい。この種の経路は、例えば、後述するように、見通し線伝播を複数経路反射と区別することをさらに可能にしてもよい、尤度テンソルの複数の最大値として識別されてもよい。無線ネットワーク内でのデバイスの運動を追跡するための位相ベースの測距を展開する多数の実施態様は、本願明細書において開示される。開示された実施態様の利点は、複数の無線デバイスおよびさまざま

な追加の物体を含んでもよい無線ネットワーク環境内のさまざまな物体の位置の高速リアルタイム監視のための計算効率の良い軌跡追跡を含む。

【０００８】

図１は、いくつかの実施態様に従って、無線デバイスによる軌跡決定および追跡のための一例のセットアップを示す。無線デバイス１００は、任意のＢＴデバイス、ＢＬＥデバイスまたは電磁検知信号を生成、送信、受信および処理することができる他の任意のタイプのデバイスでもよい。いくつかの実施態様において、検知信号は、ＩＥＥＥ８０２．１１無線標準の周波数範囲（例えば、２．４ＧＨｚバンド、５ＧＨｚバンド、６０ＧＨｚバンド）または他の任意の無線通信バンドの無線信号でもよい。いくつかの実施態様において、検知信号は、１つまたは複数のＩＥＥＥ８０２．１１無線標準と互換性を有してもよい。無線デバイス１００は、検知信号を送受信することができる１つまたは複数のセンサ１０２を含んでもよい。センサ１０２は、１つもしくは複数のアンテナを含んでもよいか、または、１つもしくは複数のアンテナに通信結合されてもよく、アンテナは、例えば、ダイポールアンテナ、ループアンテナ、多重入出力（ＭＩＭＯ）アンテナ、アンテナアレイまたは電磁信号を送受信することができる他の任意のタイプのデバイスである。ローカライゼーションシステムは、１つまたは複数の無線デバイス１００から成ってもよい。無線デバイス１００の環境は、１つまたは複数の物体、例えば、物体１０４、または、図１には明確に描写されていない追加の物体を含んでもよい。物体１０４は、無線デバイス１００と無線通信することができる無線デバイスでもよいし、（または、無線デバイスを携行もしくは運搬してもよい）。以下では、無線デバイス１００によって実行される軌跡追跡が参照されるが、類似の技術および実施態様は、例えば、決定されている無線デバイス１００（および／または任意の追加のデバイス）の軌跡を用いて、物体１０４によって実行される距離推定および軌跡決定／追跡のために用いられてもよいことを理解されたい。

【０００９】

無線デバイス１００は、複数の検知信号を生成し、送信してもよい。いくつかの実施態様において、検知信号は、異なる周波数（トーン）を有してもよい。より詳しくは、無線デバイス１００は、複数の（例えば、Ｎ個の）トーン、例えば、$f_0$、$f_0+\Delta f_1$、$f_0+\Delta f_2$を含む信号１０６－１を生成し、生成した信号を物体１０４に送信してもよく、物体１０４は、無線デバイス１００と同じ無線ネットワークに属する応答デバイスでもよい。応答デバイスは、受信信号１０６－１の分析を実行し、戻り信号１０７－１内で用いられる位相情報を評価してもよい。無線デバイス１００は、同様に、戻り信号１０７－１の位相情報の評価を実行し、全位相変化に基づいて、無線デバイス１００と応答デバイス（物体１０４－１）との間の距離を推定してもよい。送信信号１０６－１（および対応して戻り信号１０７－１）の各トーンは、それ自身の位相情報を伝達してもよい。特に、無線デバイス１００と物体１０４との間の信号１０６－１が進行する距離$d_1$および周波数$f_j$の戻り信号１０７－１が進行する同じ距離$d_1$に関連付けられた全位相変化$\Delta\phi$は、$\Delta\phi_j=4\pi f_j d_1/c$，であり、ｃは光速である。この位相変化は、時間$t_1$における物体１０４までの距離$d_1$（$t_1$）を表す。図１のコールアウト部分は、物体１０４から戻る信号１０７－１（破線で示される）の構成を概略的に示す。

【００１０】

後の時間$t_2$において、物体１０４は、異なる位置１０５に移動してもよい。（例えば、Ｎ個の検知トーン$f_j$を同様に有する）新しい検知信号１０６－２は、無線デバイス１００によって送信されてもよく、物体１０４までの新しい距離$d_2$（$t_2$）を表す位相情報を伝達する戻り信号１０７－２を生じてもよい。図１に示すように、追加の戻り信号１０７－３は、他の物体、例えば、壁１０８からの反射を含む異なる経路を通じて、無線デバイス１００のセンサ１０２に到達してもよい。信号１０７－３が進行する距離$d_3$（$t_2$）は、見通し線伝播の距離$d_2$より大きくてもよい。１つの戻り信号経路が時間$t_1$のために示され、２つの経路が時間$t_2$のために示されるが、任意の数の戻り信号経路は、（イベントを検出する）任意の検出時間$t_i$のために存在してもよい。同様に、送信信号経路はまた、複数経路伝播を含んでもよい（図１では描写されない）。いくつかの例では

、直接の見通し線経路は、他の物体によってブロックされてもよいので、１つまたは複数の反射を有する経路のみが存在してもよい。物体１０４は、環境の他の物体に対して移動しているので、経路の数は、時間とともに変化してもよく、例えば、（イベントを検出する）異なる検出時間$t_i$において異なってもよい。

【００１１】

戻り検知信号によって伝達された位相変化$\Delta\phi_j$は、多重信号分類（ＭＵＳＩＣ）アルゴリズム、一般化相互相関（ＧＣＣ）アルゴリズム、逆フーリエ変換アルゴリズムまたは本開示の実施態様に従ってさらに改善される他の任意の適切な処理アルゴリズムを用いて利用されてもよい。後述するように、以下の動作は、検知イベント$t_i$の各々のために実行され、それぞれの尤度ベクトル$P_i(d)$を決定してもよい。尤度ベクトル$P_i(d)$は、追跡されている無線デバイスまでのさまざまな距離の尤度（確率、または、確率に比例するか、もしくは、確率に関するなんらかの関係を有する）を示す尤度ベクトルの特定の値を有する距離空間におけるベクトル（アレイ）でもよい。次に、複数の尤度ベクトル$P_i(d)$は、図２から図４に関連して以下で詳述される尤度テンソルに組み合わせてもよい。

【００１２】

図１に示すように、（検出時間$t_i$の各々において）無線デバイス１００によって開始される検知イベントは、Ｎ個の戻り信号（各々は異なる周波数$f_j$を有する）を送信し、次に検出することを含んでもよい。検出された検知値$r_j$の各々は、ｎ個の経路に沿って伝播する波の重ね合せを特徴付けてもよく、経路のいくつか（またはすべて）は、１つまたは複数の反射を含んでもよい。

【数３】

$$r_j = \left(\sum_{k=1}^{n} a_j(d_k)S_k + n_j\right)\left(\sum_{l=1}^{n} a_j^*(d_l)S_l^* + n'_j\right) \quad j \in [1,N]$$

ここで、$S_k$は、ｋ番目の経路を通じて進行する波の振幅を表現し、$n_j$は、ｊ番目の周波数（トーン、チャネル）$f_j$の順方向伝播（および検出）に関連付けられたノイズであり、$n'_j$は、ｊ番目の周波数の逆方向伝播（および検出）に関連付けられたノイズであり、$a_j(d)$は、値$d=d_1...d_n$の１つをとりうる距離ｄを通じた位相変化を記載するステアリングベクトル（ベクトル表記法では、$\hat{a}(d)$とも示される）である。特に、Ｎ個の等距離の検知トーンのために、$f_j=f_0+(j-1)\Delta f$であり、ステアリングベクトルは、$a_j(d)=exp[4\pi i(j-1)\Delta f d/c]$の形を有してもよい。

【００１３】

ＭＵＳＩＣアルゴリズムの実施態様において、検知値を用いて、Ｎ×Ｎの共分散行列、$R_{jl}=\langle r_j r_l^*\rangle$を構築してもよく、角ブラケット$\langle...\rangle$は、統計的平均を意味し、$r_l^*$は$r_l$の複素共役を表す。いくつかの実施態様において、共分散行列は、検知値の二乗根（適切に選択された符号値を有する）、例えば、$R_{jl}=\langle\sqrt{r_j}\sqrt{r_l}^*\rangle$を用いて形成されてもよい。いくつかの実施態様において、統計的平均は、周波数ドメインの平滑化を用いて、例えば、平滑化（ｓｍｏｏｔｈ）ＭＵＳＩＣアルゴリズムを用いて実行されてもよい。いくつかの実施態様において、統計的平均は、例えば、データの複数のインスタンスを収集することによって、時間領域での平均化を含んでもよい。いくつかの実施態様において、時間平均は実行されない。無相関のノイズのために、$\langle n_j n_l^*\rangle=\delta_{jl}\sigma^2$であり、$\sigma^2$は、単一の検知チャネルにおけるノイズ分散である。

【００１４】

共分散行列$\hat{R}$は、ｎ個の信号固有ベクトル$\hat{s}(1)...\hat{s}(n)$および$(N-n)$個のノイズ固有ベクトル$\hat{g}(n+1)...\hat{g}(N)$（一般に雑音部分空間と呼ばれるものを定義する）を有してもよい。無相関のノイズのために、ノイズ固有ベクトルは

、ステアリングベクトルに垂直であり、すなわち、
【数４】

$$\hat{a}^{\dagger}(d_m) \cdot \hat{g}_{(\alpha)} = 0$$

であり、下付きのαは、さまざまな固有ベクトルを列挙する。したがって、ローカライゼーションベクトルＰ（ｄ）（しばしば、ＭＵＳＩＣおよびＧＣＣアプリケーションにおいて偽スペクトルと呼ばれる）は、ノイズ固有ベクトルを用いて、
【数５】

$$P^{-1}(d) = \sum_{\alpha=n+1}^{N} \left|\hat{a}^{\dagger}(d) \cdot \hat{g}_{(\alpha)}\right|^2$$

と定義され、信号伝播の実際の距離ｄ＝ｄ$_1$．．．ｄ$_n$のための最大を有し、そのいくつかは、直接の（見通し線）信号伝播に対応してもよく、いくつかは、少なくとも１つの反射を含む経路に対応してもよい。いくつかの実施態様において、ローカライゼーションベクトルは、信号固有ベクトルを用いて、例えば、
【数６】

$$P(d) = \sum_{\alpha=1}^{n} \lambda_{(\alpha)} \left|\hat{a}^{\dagger}(d) \cdot \hat{s}_{(\alpha)}\right|^2$$

と定義されてもよく、λ（α）は、信号固有ベクトルｓ＾（α）に対応する固有値である。
【００１５】
ＭＵＳＩＣローカライゼーションベクトルの上述した例は、例示的であることを意図する。さまざまな実施態様において、ローカライゼーションベクトルＰ（ｄ）は、異なる手順を用いて取得されてもよい。例えば、ＧＣＣ方法では、ローカライゼーションベクトルは、
【数７】

$$P(d) = \left|\sum_{j=1}^{N} a_j^*(d)\, r_j\right|^2$$

と定義されてもよい。
このベクトルは、同様に、実際の距離ｄ＝ｄ$_1$．．．ｄ$_n$のための最大を有してもよく、逆高速フーリエアルゴリズム技術を用いて計算されてもよい。ローカライゼーションベクトルＰ（ｄ）を定義する多数の他の方法もまた、本開示の範囲内にある。
【００１６】
図２は、いくつかの実施態様に従って、無線ネットワーク内の移動物体の軌跡の位相検知ベースの曖昧性の除去２００を示す距離－時間図を描写する。いくつかの例では、物体（例えば、図１の物体１０４）の運動は、一定の速度モデル、例えば、
ｄ（ｔ）＝ｄ$_0$＋ｖｔ
で記載されてもよく、ｄ（ｔ）は、時間ｔにおける無線デバイスのセンサ（例えば、アンテナ）から物体までの距離であり、ｄ$_0$は、時間ｔ＝０または任意に選ばれる任意の適切な瞬間における物体の基準距離である。図２は、それぞれの時間ｔ$_1$．．．ｔ$_4$において、４つの検知イベントのために取得される検知データを示す。各検知イベントの各々は、

それぞれの尤度ベクトル$P_i(d)$を決定する検知データを収集してもよい。典型的な環境において、無線信号の伝播は、複数の経路を通じて発生しうるので、各尤度ベクトル$P_i(d)$は、図２において点として示される複数の最大値を有してもよい。点は、異なる軌跡、例えば、$d(t)=d_0+vt$、$d'(t)=d_0'+v't$、$d''(t)=d_0''+v''t$などに対応してもよい。異なる軌跡に対する特定の最大値の関連付けは、曖昧となりうる。軌跡のパラメータ（$d_0, v; d_0', v'; d_0'', v''$）を明白に識別するために、以下で詳述されるように、多くの技術が用いられてもよい。

【００１７】

いくつかの実施態様において、尤度ベクトル$P(d)$は、尤度テンソル$P(d_0, v)$に変換されてもよい。変換$P(d) \rightarrow P(d_0, v)$は、さまざまな方法で実行されてもよい。これは、$P(d)$において、単一の独立変数を２つの従属変数によって置換すること（$d \rightarrow d_0, v$）によって実行可能である。いくつかの実施態様において、複数の検知イベントからの尤度ベクトルは、以下のように尤度テンソルに組み合わせられてもよい、

$$P(d_0, v) = P_1(d_0+vt_1) + P_2(d_0+vt_2)。$$

いくつかの実施態様において、異なる尤度ベクトルは、異なって、例えば、重み$W_1$および$W_2$を用いて、

$$P(d_0, v) = W_1P_1(d_0+vt_1) + W_2P_2(d_0+vt_2)$$

により重み付けされてもよく、重み$W_1$および$W_2$は、$P(d)$の合計が１であるように、$P(d)$ベクトルの正規化のために用いられてもよく、例えば、尤度ベクトルは、より高い重みが与えられるより近い範囲に対応する。これらの式において、尤度ベクトルは、検知イベントを参照する添え字１および２で識別され、各尤度ベクトルを構築するのに用いられる関数が同一、例えば、$P(d)$であっても、その測定値は、それぞれの尤度ベクトルのためのデータに寄与する。尤度テンソル$P(d_0, v)$は、距離$d_0$および速度$v$の２次元空間上で定義される量である。追跡されている物体のための実際値$d_0$および$v$は、最適化手順によって、例えば、$P(d_0, v)$の最大値または代替的には、$P^{-1}(d_0, v)$の最小値を見つけることによって決定されてもよい。この例では、２つの尤度ベクトルを組み合わせるが、任意の数の尤度ベクトルを、同じように組み合わせてもよい。

【００１８】

図３Ａから図３Ｂは、いくつかの実施態様に従って、尤度テンソルの最適化のプロセスを示す。図３Ａは、位置－速度空間$d_0, v$内のグリッドを描写し、グリッドの各要素（正方形）は、２つの検知イベントの後取得される尤度テンソルの対応する値に関連付けられる。例えば、（図１の）位置－速度推定器１１０によって、$P_1(d_0+vt_1)$の最適値が$d_0+vt_1=D_1$にあることが決定されてもよい。この式は、水平（距離$d_0$）軸との交点が$D_1$であり、タンジェントが$\Delta v/\Delta d_0=-1/t_1$である線３０２を定義する。物体が位置する可能性が高い斜線エリア３０４も描写される。曲線３０６は、線３０２の近くで、線３０２に沿って最大値を有する尤度ベクトル$P_1(d_0, v)$を概略的に表現する。基準距離$d_0$および速度$v$の組み合わせ$d_0+vt_1$に依存して、値$P_1^{-1}(d_0+vt_1)$は、線３０２に平行かつ同一（またはほぼ同一）の幅を有する隆起の形を有してもよい。

【００１９】

図３Ｂは、時間$t_2$に第２の検知イベントのために取得される追加データの処理を示す。単独でとられる新しい検知データによって構築される追加の寄与（$P_2(d_0+vt_2)$）は、$d_0+vt_2=D_2$において最適値を有する。この式は、水平（距離$d_0$）軸との交点が$D_2$であり、タンジェントが$\Delta v/\Delta d_0=-1/t_2$である新しい線３０８を定義する。新しい線３０８は、対応する不確定エリア３１０に関連付けられる。最初の寄与$P_1(d_0+vt_1)$および新しい寄与$P_2(d_0+vt_2)$が尤度テンソル$P(d_0, v)$に（例えば、上述した式によって示されるように、調和平均として）組み合わせられるとき、図３Ｂに示すように、尤度テンソル$P(d_0, v)$は、線３０２および３０８が交差するところで最大値を有する。２つの組み合わせ$d_0+vt_1$および$d_0+vt_2$

を介した基準距離$d_0$および速度vに依存して、尤度テンソルP（$d_0$，v）は、基準距離$d_0$および速度vの可能性が高い値を識別する位置－速度空間$d_0$，v内の点３１４の近くに中央があるピーク３１２の形を有してもよい。

【００２０】

上述したプロセスは、各新しい検知イベント（i＝３、４、．．．）のための追加の検知データを継続してもよく、新しい尤度ベクトル$P_i$（$d_0+vt_i$）を用いて、尤度テンソルを更新するために用いられる。

P（$d_0$，v）→P（$d_0$，v）＋$W_i$・$P_i$（$d_0+vt_i$）

いくつかの実施態様において、尤度テンソルの方に計数される検知イベントの数は、検知イベントの所定の数Mに限定されてもよいので、尤度テンソルへのM個の寄与が収集された後、各追加の寄与が追加されるとき、最も早い寄与（例えば、この例ではi＝１寄与）は、尤度テンソルから減算される。

P（$d_0$，v）→P（$d_0$，v）＋$W_{M+1}$・$P_{M+1}$（$d_0+vt_i$）－$W_1$・$P_1$（$d_0+vt_i$）

数Mは、複数の検知イベントを含むが、依然として、物体の速度が最後のM個の検知イベントの持続時間にわたり実質的に変化しそうにないように、選択されてもよい。例えば、１つの検知イベントが０．１秒ごとに発生する場合、尤度テンソル内に含まれるイベントの最大数は、M＝１０でもよい。その結果、尤度テンソルの最適化は、多くの実際的な条件の下一定速度のモデルが十分に正確であるのに十分短くてもよい最後の０．５秒のスライディングウィンドウにわたり、物体に対する平均速度（および基準距離）の正確な推定を提供する。

【００２１】

上述した実施態様において、イベントの組み合わせのための尤度テンソルは、各イベントのために計算される尤度ベクトルの調和平均P＝$P_1$＋$P_2$＋・・・である。いくつかの実施態様において、調和平均の代わりに、イベントの組み合わせのための尤度テンソルは、各イベントのために計算される尤度ベクトルの合計＝$P_1$＋$P_2$＋・・・、または、他の任意の適切な手段でもよい。例えば、異なる検知イベントが同数ではないサブイベントを有するいくつかの実施態様では、個々のイベントのために計算される尤度ベクトルは、最適に選ばれた重み、例えば、各検知イベントのサブイベントの数に比例する重み、経験的に決定される重みなどによって重み付けされてもよい。

【００２２】

図４から図４Ｂは、いくつかの実施態様に従って、複数経路送信および反射がある場合の軌跡決定および追跡の適用を示す。複数経路伝播がある場合には、尤度ベクトル$P_i$（$d_0+vt_i$）の各々は、複数の局所最大値（またはさらに一般的にいえば極値）を有してもよい。例えば、図４Ａに示すように、第１の検知イベントのための尤度ベクトル$P_1$（$d_0+vt_1$）は、例えば、式$d_0+vt_1=D_1$によって記載されている線４０２に沿って複数の最大値を有してもよく、式$d_0+vt_1=D'_1$によって記載されている線４０４に沿って複数の最大値を有してもよいなどである。説明の簡潔さおよび容易さのために２つの線のみが示されるが、任意の数の極値が識別されてもよい。

【００２３】

図４Ｂに示すように、追加の検知イベントは、上述したように、新しい検知データ、例えば、$P_2$（$d_0+vt_2$）、$P_3$（$d_0+vt_3$）などを用いて追加の尤度ベクトルを構築することを可能にしてもよい。新しい尤度ベクトルの最大値は、線４０６、例えば、$d_0+vt_2=D_2$に沿ってもよく、線４０８、例えば、$d_0+vt_2=D'_2$に沿ってもよいなどである。第１の尤度ベクトル$P_1$（$d_0+vt_1$）および第２の尤度ベクトル$P_2$（$d_0$，$vt_2$）が尤度テンソルP（$d_0$，v）に組み合わせられるときに、尤度テンソルは、線４０２および４０６の交点４１０ならびに線４０４および４０８の交点４１２において、２つ（３つなど）の最大値を有してもよい。組み合わせられた尤度テンソルP（$d_0$，v）は、複数のピーク、例えば、それぞれの線の交点の近くに中央があるピーク４１４および４１６を有してもよい。いくつかの例では、例えば、見通し線経路が利用で

きる場合、最小距離（例えば、図４Ｂの交点４１０）に関連付けられたピークは、物体までの実際の距離に対応してもよく、一方、他のピークは、壁、天井または他の任意の物体からの反射（多重反射を含む）によって作成される物体のイメージに対応してもよい。いくつかの例では、例えば、直接の見通し線経路がブロックされる場合、すべてのピークは、反射によって作成されるイメージに対応してもよい。

【００２４】

上述した例において、位置－速度決定および追跡は、位置－速度空間内の２次元の（２Ｄ）尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）を用いて示される。類似の技術は、物体の複数の座標および速度の複数の成分が決定されているより高次元において軌跡決定および追跡のために用いられてもよい。例えば、より一般的な場合では、軌跡は、ベクトルモデル$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$を用いて決定されてもよく、ベクトル基準位置は、$\vec{r}_0$＝（$x_0$，$y_0$．．．）でありベクトル速度は、$\vec{v}$＝（$v_x$，$v_y$．．．）であり、ｘ、ｙは、デカルト座標、極座標、楕円座標、球面座標、円柱座標等を含む任意の適切な座標である。より高次元（ＨＤ）の尤度テンソルは、ｍ（例えば、ｍ＝２またはｍ＝３）座標ｘ、ｙおよびｍ個の速度成分$v_x$、$v_y$の２ｍ次元空間内のテンソルでもよい。より詳しくは、尤度テンソルは、以下のとおりでもよい。

【数８】

$$P(\vec{r}_0, \vec{v}) = \sum_{Last\ M\ events} W_i P_i(|\vec{r}_0 + \vec{v}t_i|)$$

図５Ａは、デカルト座標ｘ－ｙの原点に位置する無線デバイスＷによる、物体Ｏの平面軌跡の決定および追跡を示す。いくつかの実施態様で用いられてもよい極座標も示される。例えば、デカルト座標が用いられる場合、以下のとおりである。

【数９】

$$|\vec{r}_0 + \vec{v}t_i| = \sqrt{(x_0 + v_x t_i)^2 + (y_0 + v_y t_i)^2}$$

対応して、ＨＤ尤度テンソルＰ（$\vec{r}_0$，$\vec{v}$）は、４次元空間のテンソルＰ（$x_0$，$y_0$；$v_x$，$v_y$）であり、その極値は、物体の位置または環境内のさまざまな物体からの反射によって作成される物体のイメージを決定する。反射の例において、物体の見かけの位置$\vec{r}_0 + \vec{v}t_i$は、反射物体の後ろにあってもよい。極座標が用いられている場合、ステアリング行列の要素は、

【数１０】

$$|\vec{r}_0 + \vec{v}t_i| = d_0 - vt_i \cos(\theta - \phi_0)$$

によって近似されてもよく、$d_0$および$\phi_0$は、基準距離および方位角であり、ｖおよびθは、それぞれ、速度の絶対値および方向である。対応して、ＨＤ尤度テンソルは、極座標の４次元空間内のテンソルＰ（$d_0$，$\phi_0$；ｖ，θ）であり、その極値は、上述したのと実質的に同じ方法で物体（またはイメージ）の位置を決定する。

【００２５】

上述した変換、例えば、個々の検知イベントを特徴付ける個々の尤度ベクトルから２Ｄ尤度テンソルへの変換Ｐ（ｄ）→Ｐ（$d_0$，ｖ）、または、尤度ベクトルからＨＤ尤度テンソルへの変換、Ｐ（ｄ）→Ｐ（$\vec{r}_0$，$\vec{v}$）は、さまざまな内挿技術を用いて実行され、計算コストおよびメモリ使用を減少してもよい。例えば、２Ｄ尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）は、距離の別々のセット｛$d_0$｝および速度の別々のセット｛ｖ｝で定義されてもよい。値の対応するセット｛Ｐ（$d_0$，ｖ）｝は、距離および速度のさまざまな可能な組

み合わせのための多数の尤度テンソル要素を含んでもよい。計算を最適化するために、尤度ベクトルおよびテンソルの要素は、距離および速度のいくつかの値、例えば、疎に分散された値のために計算されてもよいが、残りの要素は、内挿によって、例えば、線形補間、多項式のスプラインまたは任意の他の適切な方法を用いて取得されてもよい。

【００２６】

１つの特定の非限定的な例において、検知時間$t_i$のための新しい検知値のセットが検出された後、位置－速度推定器１１０は、出発値ｃ、ステップΔｄおよびｓ＝０、１、２．．．を用いて、値$d_s = c + s\Delta d$の別々のセットのための新しい尤度ベクトル$P_i(d)$（または$P_i^{-1}(d)$）を計算してもよい。その後、計算された尤度ベクトル$P_i(d_s)$を用いて、尤度テンソル$P_i(d_0, v=0)$の値のより密度の高いアレイ、例えば、図３Ａから図３Ｂおよび図４Ａから図４Ｂのセルの最終行を占有（ｐｏｐｕｌａｔｅ）してもよい。より詳しくは、値$P_i(d_s)$および$P_i(d_{s+1})$の各対を用いて、（内挿を介して）$P_i(d_0, v=0)$の１つまたは複数の中間値を占有してもよく、$d_0$は、距離の間隔Δｄ内の複数の値を有するので、間隔Δｄは、１つまたは複数の（例えば、ｐ）より小さい小間隔Δｄ／ｐに分割される。同様に、尤度テンソル$P_i(d_0, v\neq 0)$のセルの他の行は、元の値$P_i(d_s)$から、または、すでに占有されたセルの隣り（例えば、前の）行の値からの内挿によって、占有されてもよい。次に、同様に、尤度テンソル$P_i(d_0, v)$（または$P_i^{-1}(d_0, v)$）の各次の更新は、新しい尤度ベクトル$P_{i+1}(d)$、$P_{i+2}(d)$など（または$P_{i+1}^{-1}(d)$、$P_{i+2}^{-1}(d)$など）の離散値および内挿値に基づいて、実行されてもよい。簡潔さのために、上述した例は、２Ｄ尤度テンソルのための要素の平面グリッドを占有することを示すが、類似の内挿技術を用いて、ＨＤ尤度テンソル$P(\vec{r}_0, \vec{v})$（または$P^{-1}(\vec{r}_0, \vec{v})$）の任意の多次元グリッドを占有してもよく、これは、４次元テンソル（平面運動が追跡されている場合）、６次元テンソル（運動が非平面である場合）などでもよい。内挿技術の使用によって、単純な算術演算（例えば、線形スプライン）を用いて、尤度ベクトルの追加の値の複雑なＭＵＳＩＣまたはＧＣＣ計算を実行する必要なく、位置－速度グリッドの高解像度を達成することができる。

【００２７】

いくつかの実施態様において、内挿技術を用いて、２Ｄ尤度テンソル$P_i(d_0, v)$および／またはＨＤ尤度テンソル$P(\vec{r}_0, \vec{v})$を格納するのに必要なメモリの量を減少してもよい。例えば、値$P_i(d_s)$のみがメモリ内に格納されてもよく、一方、対応する値が軌跡推定のために更新されるかまたは用いられるとき、$P_i(d_0, v)$および／または$P_i(\vec{r}_0, \vec{v})$の値は、オンザフライで計算されてもよい。

【００２８】

図５Ｂは、複数の無線デバイス、例えば、無線デバイス$W_A$および$W_B$によって取得される検知データを用いた、物体の軌跡決定および追跡を示す。図５Ｂは、三角測量セットアップを描写し、無線デバイス$W_A$および$W_B$は、異なる位置に位置決めされるので、物体Ｏからそれぞれの無線デバイス（$W_A$および$W_B$）までの距離（$d_A$および$d_B$）の決定は、物体の座標をより正確に推定できる。各デバイスは、それぞれの物体の基準系において物体Ｗを観察してもよい。その結果、物体Ｗの見かけの位置は、例えば、１つまたは複数のデカルト座標に沿ったシフトとして、異なる基準系においてオフセットされてもよい。単一の基準系において、相対的なオフセットは、除去（減算）されてもよい。

【００２９】

図５Ｃは、いくつかの実施態様に従って、物体の軌跡決定および追跡のための無線システムアーキテクチャ５００を示す。複数の検知ステーション５０１－ｎを用いて、物体５１０（例えば、掃除機、電話、キーフォブ、タブレットコンピュータなど）の位置およびその速度を識別してもよい。簡潔さのために２つの検知ステーション（５０１－１および５０１－２）が示されるが、検知ステーションの数は、２に限定される必要はなく、任意でもよい。各検知ステーション５０１－ｎは、ホストデバイス５０２－ｎおよび無線デバイス５０４－ｎを含んでもよい。各検知ステーション５０１－ｎは、本開示に記載されて

いる技術を実行可能な位置－速度推定器１１０－ｎを動作してもよい。位置速度推定器１１０－１および１１０－２は、それぞれのホストデバイス５０２－ｎ上で動作するものとして示されるが、いくつかの実施態様では、位置速度推定器１１０－１および／または位置速度推定器１１０－２は、それぞれの無線デバイス５０４－ｎ上で動作していてもよい。各無線デバイス５０４－ｎは、物体５１０との確立した無線チャネル５１１－ｎ（例えば、ＢＴ、ＢＬＥ、ＷＬＡＮなど）を有してもよく、距離$d_A$および$d_B$を表す検知データを受信してもよい。検知ステーション５０１－１および５０１－２はまた、無線または有線通信チャネルでもよい確立した通信チャネル５１２を有し、検知データ、例えば、尤度ベクトル、尤度テンソルなどから取得される、収集した検知データおよび／または情報を交換してもよい。いくつかの実施態様において、物体５１０は、物体５１０に対してステーション５０１－１および５０１－２の位置を決定し、次に、例えば、ステーション５０１－１および５０１－２の既知の位置に基づいて、空間内のそれ自身の位置を決定してもよい。

【００３０】

図６Ａは、いくつかの実施態様に従って、単一の検知ステーションを用いた距離ベースの軌跡決定および追跡の間の動作フロー６００の例を示す。図６Ｂは、いくつかの実施態様に従って、複数の検知ステーションを用いた距離ベースの軌跡決定および追跡の間の動作フロー６９０の例を示す。

【００３１】

図６Ａに示す、無線デバイス（例えば、無線デバイス$W_A$）は、追跡されている物体までの現在の距離ｄ（$t_i$）を表す検知データを収集してもよい（ブロック６０１）。次に、無線デバイスは、（上述したように）２Ｄ尤度テンソルを生成してもよい。例えば、無線デバイスは、ブロック６０３において、ＭＵＳＩＣ、ＧＣＣ、逆高速フーリエ変換または他の任意の適切なアルゴリズムを用いて、尤度ベクトル$P_i$（ｄ）のセットを取得してもよい。次に、無線デバイスは、ブロック６１１において、２Ｄ尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）を構築してもよい。２Ｄ尤度テンソルは、上述した任意の技術に従って、例えば、離散化および内挿技術を用いて構築されてもよい。

【００３２】

無線デバイスは、（対応する破線ボックスで描写されるように）オプションで、ブロック６２１において、ＨＤ尤度テンソル（Ｐ（$\vec{r}_0$，$\vec{v}$））を構築してもよい。いくつかの実施態様において、軌跡が２次元である場合（平面運動）、ＨＤ尤度テンソルは４つの次元を有してもよく、または、軌跡が３次元である場合、６つの次元を有してもよい。２Ｄ尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）またはＨＤ尤度テンソルＰ（$\vec{r}_0$，$\vec{v}$）を用いて、それぞれの尤度テンソルの１つまたは複数の極値を見つけることによって、物体の軌跡を推定してもよい（ブロック６５０）。

【００３３】

いくつかの実施態様において、追加のフィルタリングを実行し、位置－速度（ｄ－ｖ）フィルタ６１５および６３１によって可能になるように、軌跡決定および追跡の精度を増加させてもよい。フィルタリングは、測定（検知）データ、例えば、新しく決定された尤度ベクトルおよび／またはテンソルと、これらの尤度ベクトルおよび／またはテンソルのダイナミクスの任意の適切なモデル予測と、を組み合わせることを含んでもよい。フィルタリングは、尤度ベクトルおよび／またはテンソルの推定された統計をさらに用いてもよい。フィルタリングは、モデル予測対測定データに置かれる相対的重要度を重み付けするために用いられる重みの適切な（例えば、経験的に選ばれた）セットを選択することによって、尤度テンソルの見込みがある実際値を推定することを含んでもよい。フィルタリングは、２Ｄ位置－速度フィルタ６１５を２Ｄ尤度テンソルＰ（$d_0$，ｖ）に適用すること、および／または、ＨＤ位置－速度フィルタ６３１をＨＤ尤度テンソルＰ（$\vec{r}_0$，$\vec{v}$）に、例えば、ＨＤ尤度テンソルが用いられている例において適用することを含んでもよい。いくつかの実施形態では、複数のフィルタが用いられてもよい（例えば、２Ｄ位置－速度フィルタ６１５およびＨＤ位置－速度フィルタ６３１の両方）。フィルタの動作は、

以下で詳述されている。

【００３４】

動作６００の多数の変形が実施されてもよい。いくつかの実施態様において、図６Ａの破線矢印によって描写されるように、ＨＤ尤度テンソルは、ブロック６１１において２Ｄ尤度テンソルを生成する中間動作なしで（ならびに、以下で詳述されるフィルタ６１５なしで）、ブロック６２１において、（ブロック６０３において取得される）尤度ベクトルから直接生成されてもよい。いくつかの実施態様において、これは、以下のように実行されてもよい。時間$t_i$に検知イベントの間収集される検知データに基づいて（例えば、ＭＵＳＩＣ、ＧＣＣなどを用いて）計算されるセットの要素$P_i(d_s)$を用いて、２ｍ次元の位置－速度（$\vec{r}_0 - \vec{v}$）空間において超曲面$d_s = |\vec{r}_0 + \vec{v}t_i|$上のＨＤ尤度テンソル$P_i(\vec{r}_0, \vec{v})$の対応する値を決定してもよい。次に、別々の$\vec{r}_0 - \vec{v}$セルのグリッド上の値を含むＨＤ尤度テンソル$P_i(\vec{r}_0, \vec{v})$の追加の値は、ＨＤ尤度テンソル$P_i(\vec{r}_0, \vec{v})$が対応する超曲面$d_s = |\vec{r}_0 + \vec{v}t_i|$上でとる値$P_i(d_s)$からの内挿によって取得されてもよい。いくつかの実施態様において、内挿は、$\vec{r}_0 - \vec{v}$グリッドの所定のセルに最も近い超曲面から実行されてもよい。

【００３５】

図６Ｂに示すように、複数の検知ステーションが軌跡決定および追跡のために展開されるとき、（それぞれの検知ステーションの）無線デバイスの各々は、それ自身の検知データを収集してもよく（ブロック６０１、６０２）、検知データは、それぞれ、物体から無線デバイス$W_A$および$W_B$までの現在の距離$d_A(t_i)$および$d_B(t_i)$を表す。次に、（上述したように）各無線デバイスは、その対応する２Ｄ尤度テンソルを生成してもよい。例えば、無線デバイス$W_A$（および同様に無線デバイス$W_B$）は、ブロック６０３（および同様にブロック６０４）において、尤度ベクトル$P_A(d_A)$（および同様に、$P_B(d_B)$）のセットを、ＭＵＳＩＣ、ＧＣＣ、逆高速フーリエ変換または任意の他の適切なアルゴリズムを用いて取得してもよい。次に、無線デバイス$W_A$（および同様に無線デバイス$W_B$）は、ブロック６１１において、２Ｄ尤度テンソル$P_A(d_{A0}, v_A)$を構築してもよく、無線デバイス$W_B$は、ブロック６１２において、尤度テンソル$P_B(d_{B0}, v_B)$を構築してもよい。各２Ｄ尤度テンソルは、上述した任意の技術に従って、例えば、離散化および内挿技術を用いて構築されてもよい。

【００３６】

次に、各無線デバイスは、それぞれのＨＤ尤度テンソルを構築してもよい。より詳しくは、例えば、無線デバイス$W_A$は、ブロック６２１において、ＨＤ尤度テンソル$P_A(\vec{r}_{0A}, \vec{v}_A)$を構築してもよく、無線デバイス$W_B$は、ブロック６２２において、ＨＤ尤度テンソル$P_B(\vec{r}_{0B}, \vec{v}_B)$を構築してもよい。いくつかの実施態様において、軌跡が２次元である（平面運動のみが追跡される）場合、ＨＤ尤度テンソルは、４つの次元を有してもよく、または、軌跡が３次元である場合、６つの次元を有してもよい。その後、別々のＨＤ尤度テンソルは、任意の適切な座標変換を用いて、組み合わせられた（Ｃ）テンソル$P_C(\vec{r}_0, \vec{v})$に組み合わせられ（ブロック６４０）、無線デバイス$W_A$の基準系からなんらかの共通の基準系に座標および速度を変換してもよく、例えば、$d_{A0}, \Phi_A; v_A, \theta_A \rightarrow x_0, y_0; v_x, v_y$であり、同様に、無線デバイス$W_B$の基準系から同じ共通の基準系に座標および速度を変換してもよく、$d_{B0}, \Phi_B; v_B, \theta_B \rightarrow x_0, y_0; v_x, v_y$である。この例では、共通の基準系は、デカルト座標を用いるが、物体、例えば、無線デバイス$W_A$の１つの基準系を含む、任意の他の座標系を代替的に用いてもよい。この種の実施態様において、無線デバイス$W_B$の基準系からの変換のみは、例えば、２つの基準系間の相対シフト$\vec{r}_{AB}$を用いて、テンソル$P_B(\vec{r}_{0B}, \vec{v}_B)$のために実行されなければならないかもしれず、$P_B(\vec{r}_{0B}, \vec{v}_B) \rightarrow P_B(\vec{r}_{0B} + \vec{r}_{AB}, \vec{v}_B)$である。より高次元テンソルが組み合わせられた基準系において表された後、両方のテンソルを用いて、組み合わせられたテンソル、例えば、$P_C = P_A + P_B$を取得してもよく、組み合わせられた尤度テンソル$P_C$を用いて、例

えば、組み合わせられた尤度テンソルＰcの１つまたは複数の極値を見つけることによって、物体の軌跡を推定してもよい（ブロック６５０）。

【００３７】

図６Ａと同様に、図６Ｂにおいて破線矢印によって示されるように、いくつかの実施態様では、ＨＤ尤度テンソルは、ブロック６１１および／または６１２において２Ｄ尤度テンソルを生成する中間動作なしで（ならびに、以下で詳述される対応するフィルタ６１５および／または６１６なしで）、ブロック６２１および／または６２２において、（ブロック６０３および／または６０４において取得される）尤度ベクトルから直接生成されてもよい。

【００３８】

いくつかの実施態様において、さまざまな位置－速度（ｄ－ｖ）フィルタ６１５から６１６、６３１から６３２および６６０によって示されるように、追加のフィルタリングが実行され、軌跡決定および追跡の精度を増加させてもよい。フィルタリングは、測定（検知）データ、例えば、新しく決定された尤度ベクトルおよび／またはテンソルと、これらの尤度ベクトルおよび／またはテンソルのダイナミクスの任意の適切なモデル予測と、を組み合わせることを含んでもよい。フィルタリングは、尤度ベクトルおよび／またはテンソルの推定された統計をさらに用いてもよい。フィルタリングは、モデル予測および測定データの相対的重要度を割り当てるために、重みの適切な（例えば、経験的に選ばれた）セットを選択することによって、尤度テンソルの見込みがある実際値を推定することを含んでもよい。フィルタリングは、２Ｄ位置－速度フィルタ６１５および６１６を２Ｄ尤度テンソルに適用すること、ＨＤ位置－速度フィルタ６３１および６３２をＨＤ尤度テンソルに適用すること、組み合わせられた位置－速度（ｄ－ｖ）フィルタ６６０を組み合わせられた尤度テンソルに適用すること、または、それらの任意の組み合わせを適用することを含んでもよい。いくつかの実施形態では、ただ１つ（または一対）の位置－速度フィルタ、例えば、組み合わせられた位置－速度フィルタ６６０（または一対のＨＤ位置－速度フィルタ６３１および６３２）が用いられてもよい。いくつかの実施形態では、複数の位置－速度フィルタが用いられてもよい。

【００３９】

位置－速度フィルタは、カルマンフィルタ、有限インパルス応答（ＦＩＲ）フィルタ、無限インパルス応答（ＩＩＲ）フィルタ、粒子フィルタまたはそれらの任意の組み合わせてもよいし、または、これらを含んでもよい。１つの図示例において、カルマンフィルタは、位置－速度空間の各セルの尤度テンソルおよび／または２Ｄの要素に適用されてもよい。いくつかの実施態様において、位置－速度空間の各要素（セル）は、他の要素と独立してフィルタリングされてもよい。より詳しくは、一定の変化率のモデルにおいて時間ｔ$_i$における特定のテンソル要素（セル）の状態は、ベクトルｘ^（ｔ$_i$）、例えば、

【数１１】

$$\hat{x}^T(t_i) = (P(t_i), \dot{P}(t_i))$$

として表現されてもよく、Ｐ（ｔ$_i$）は、セルの現在値であり、

【数１２】

$$P(\dot{t_i})$$

は、その変化率である。以前の瞬間からの状態の進化ｘ^（ｔ$_{i-1}$）は、差分方程式

【数１３】

$$\hat{x}(t_i) = \hat{F}\hat{x}(t_{i-1})$$

から予測されてもよく、Ｆ^は、状態遷移行列、例えば、

【数１４】

$$\hat{F} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

である。測定（検知）値は、ベクトルｚ＾Ｔ（τ）＝（Ｐｍ（ｔｉ），０）によって記載されてもよい。測定ベクトルｚ＾（τ）は、（単位行列とみなされてもよい）測定行列Ｈ＾に関して、ランダム測定ノイズｎ＾まで、状態ベクトル

【数１５】

$$\hat{z}(t_i) = \hat{H}\,\hat{x}(t_i) + \hat{n}$$

によって決定される。

【００４０】

いくつかの実施態様において、テンソルの要素を追跡することは、以前の時間における推定ｘ＾（ｔｉ）から状態ベクトルｘ＾（ｔｉ）を予測すること、実際の測定データｚ＾（ｔｉ）を取得すること、推定された状態に基づいて、予想される測定データとの差分ｚ＾（ｔｉ）－Ｈ＾ｘ＾（ｔｉ）を識別すること、および、（プライムド（ｐｒｉｍｅｄ）値によって示されるように）カルマンゲインＫ＾を用いて、状態ベクトルの推定を改善することを含んでもよく、

【数１６】

$$\hat{x}'(t_i) = \hat{x}(t_i) + \hat{K}(t_i)[\hat{z}(t_i) - \hat{H}\hat{x}(t_i)]$$

であり、これは、実際の測定値と予測値との間のカルマンゲイン差分によって重み付けされた修正による。カルマンゲインは、状態ベクトルの予測値と実際値との間の誤差（平均二乗偏差）を最小化するように選択され、これは、

【数１７】

$$\hat{K}(t_i) = \left(\hat{H}\hat{S}(t_i)\hat{H}^T + \hat{R}\right)^{-1}\hat{S}(t_i)\hat{H}^T$$

を選ぶことによって達成されてもよく、Ｓ＾（ｔｉ）は、誤差共分散行列であり、Ｒ＾は、測定ノイズの共分散行列である。状態ベクトルｘ＾（ｔｉ）を推定することに加えて、カルマンフィルタリングはまた、以下のように、誤差共分散行列の推定を予測することを含んでもよい。

【数１８】

$$\hat{S}(t_i) = \hat{F}\hat{S}(t_{i-1})\,\hat{F}^T$$

誤差共分散行列の予測された推定は、以下のように、カルマンゲインによってさらに改善される。

【数１９】

$$\hat{S}'(t_i) = \left(1 - \hat{K}(t_i)\hat{H}\right)\hat{S}(t_i)$$

【００４１】

各時間インクリメントにおいて、新しい測定データが利用できるようになるとき、カルマンフィルタリング（例えば、組み合わせられたｄ－ｖフィルタ６６０）は、以前の推定ｘ＾（ｔｉ－１）に基づいて、新しい予想される状態ベクトルｘ＾（ｔｉ）を生成すること、測定ベクトルｚ＾（ｔｉ）を取得すること、カルマンゲイン行列Ｋ（ｔｉ）を用いて

、状態ベクトルの改善された推定ｘ＾’（ｔi）を取得すること、誤差共分散行列Ｓ＾（ｔｉ）を取り込むこと、改善された共分散行列Ｓ＾’（ｔi）を取得すること、改善された共分散行列に基づいて、次の繰り返しｔｉのための新しい共分散行列を生成すること、および、状態遷移行列を用いることを含んでもよい。上述した方法は、物体の軌跡が追跡されるまで、例えば、物体が環境を離れるまで継続されてもよい。ブロック６７０において、組み合わせられたＨＤ尤度テンソルのフィルタリングされた値を用いて、軌跡の最終推定$\vec{r}$（ｔ）＝$\vec{r}_0$（ｔ）＋$\vec{v}$ｔを取得してもよい。

【００４２】

上述したカルマンフィルタの例は、例示のみを意図する。その代わりに多数の他のフィルタリングアルゴリズムおよび技術を用いてもよい。例えば、いくつかの実施態様では、状態ベクトルは、セルの値およびその変化率だけではなく、その第２の（第３のなど）時間導関数、例えば、

【数２０】

$$\hat{x}^T = (P, \dot{P}, \ddot{P})$$

を含み、追跡してもよい。

【００４３】

図６は、２つの無線デバイス（$W_A$および$W_B$）による物体の軌跡の決定を示すが、いくつかの実施態様では、他の任意の数の無線デバイス（例えば、３、４など）をこの目的のために用いてもよい。この種の実施態様において、次に、２より多いＨＤ尤度テンソル（複数の無線デバイスによって収集される検知データを用いて構築される）を用いて、上述したように処理されてもよい組み合わせられたＨＤ尤度テンソルを構築してもよい。

【００４４】

いくつかの実施態様において、検知データの収集（ブロック６０１、６０２）ならびにブロック６０３から６３１および６０４から６３２に対応する処理は、取得された尤度テンソルが、無線デバイス$W_A$か、無線デバイス$W_B$かまたは任意の追加のデバイスでもよい単一のデバイス上で組み合わせられる前に、対応する無線デバイス上で実行されてもよい。いくつかの実施態様において、検知データの収集（ブロック６０１、６０２）は、対応する無線デバイス（例えば、$W_A$および／または$W_B$）上で実行されてもよく、一方、ブロック６０３から６３１および６０４から６３２（またはそれの任意の部分）に対応する処理は、無線デバイス$W_A$か、無線デバイス$W_B$かまたは任意の追加のデバイスでもよい単一のデバイス上で実行されてもよい。

【００４５】

図７Ａは、いくつかの実施態様に従って、物体の高速かつ正確なローカライゼーションのための効果的な軌跡決定および追跡をサポートすることができる無線（ＢＴまたはＢＬＥ）システム７００の１つの例示的な実施態様を示す。無線システム７００は、ＢＬネットワーク、ＢＬＥネットワーク、Ｗｉ－Ｆｉまたは他の任意のタイプの無線ネットワーク（例えば、ＰＡＮ、ＷＬＡＮなど）でもよい。無線システム７００は、任意の数のホストデバイス７０２を含んでもよい（簡潔さのために１つのホストデバイスが描写される）。ホストデバイス７０２は、任意のデスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、タブレット、電話、スマートＴＶ、センサ、電化製品、システムコントローラ（例えば、空調、加熱、温水コントローラ）、セキュリティシステムの構成要素、医療試験もしくは監視器材、自動車器材または他の任意のタイプのデバイスでもよい。ホストデバイス７０２は、（例えば、配線接続を介して）それぞれの無線デバイス７０４に結合されてもよい。簡潔さのために、単一の無線デバイス７０４が示されるが、ホストデバイス７０２が任意の数のこの種の無線デバイス（例えば、ＢＬＥ無線デバイスおよびＺｉｇｂｅｅ（Ｒ）無線デバイス）に結合されてもよいことを理解されたい。いくつかの実施態様において、無線デバイス７０４は、集積回路（ＩＣ）デバイスとして実施されてもよい（例えば、単一の半導体ダイ上に配置されている）。いくつかの実施態様において、さまざまなモジ

ュールおよび構成要素は、なくてもよいかまたはホストデバイスに結合された複数の無線デバイス間で共有されてもよい（例えば、アンテナ７０６および／またはプロセッサ７５２は、複数の無線デバイスの間で共有されてもよい）。

【００４６】

無線デバイス７０４は、１つまたは複数のアンテナ７０６を用いて、電波を送受信してもよい。アンテナ７０６によって受信した信号は、無線機７１０によって処理されてもよく、無線機７１０は、フィルタ（例えば、バンドパスフィルタ）、低騒音無線周波数増幅器、ダウンコンバージョンミキサ、中間周波数増幅器、アナログデジタルコンバータ、逆フーリエ変換モジュール、非分析モジュール、インターリーバ、誤り訂正モジュール、スクランブラおよびアンテナ７０６によって受信した変調信号を処理するために用いてもよいその他の（アナログおよび／またはデジタル）回路を含んでもよい。無線機７１０は、トーン（周波数）生成器をさらに含み、選択されたトーンで無線信号を生成してもよい。無線機７１０はまた、アンテナ制御回路を含み、１つまたは複数のアンテナ７０６へのアクセス（アンテナの間で切り替わることを含む）を制御してもよい。無線機７１０は、加えて、無線制御回路、例えば、位相測定回路およびトーン選択回路を含んでもよい。位相測定回路は、受信信号での位相測定、例えば、ＩＱ分解を実行することができ、受信信号と局部発振器信号との間の位相差を測定することを含んでもよい。トーン選択回路は、伝送のためのトーンを選択することができる。

【００４７】

無線機７１０は、受信（かつデジタル化された）信号をＰＨＹ７２０の構成要素に提供してもよい。ＰＨＹ７２０は、１つまたは複数の動作モード、例えば、ＢＬＥ動作モードをサポートしてもよい。１つのＰＨＹ７２０が示されるが、（それぞれの数の動作モードをサポートする）任意の適切な数のＰＨＹ層が存在してもよい。ＰＨＹ７２０は、無線機７１０から受信したデジタル信号を、リンクレイヤ７３０に供給可能なフレームに変換してもよい。リンクレイヤ７３０は、多くの状態、例えば、広告、走査、開始、接続、待機を有してもよい。リンクレイヤ７３０は、フレームをデータパケットに変換してもよい。伝送の間、データ処理は、反対方向に発生してもよく、リンクレイヤ７３０は、データパケットをフレームに変換し、フレームは、次に、ＰＨＹ７２０によって、無線機７１０に提供されるデジタル信号に変換される。無線機７１０は、デジタル信号を無線信号に変換してもよく、アンテナ７０６を用いて無線信号を送信してもよい。いくつかの実施態様において、無線機７１０、ＰＨＹ７２０およびリンクレイヤ７３０は、単一の集積回路の部分として実施されてもよい。

【００４８】

無線デバイス７０４は、プロトコルスタック７４０を含んでもよい。プロトコルスタック７４０は、多くのプロトコル、例えば、ホストデバイス７０２上で動作する１つまたは複数のアプリケーション７０３によって生成されるデータパケットのセグメンテーションおよびリアセンブリを実行してもよいＬｏｇｉｃａｌ Ｌｉｎｋ Ｃｏｎｔｒｏｌ Ａｄａｐｔａｔｉｏｎ Ｐｒｏｔｏｃｏｌ（Ｌ２ＣＡＰ）を含んでもよい。具体的には、Ｌ２ＣＡＰは、任意のサイズのデータパケットを、アプリケーション７０３による出力として、リンクレイヤ７３０によって処理可能なサイズおよびフォーマットのパケットに分割してもよい。Ｌ２ＣＡＰは、誤り検出動作を実行してもよい。プロトコルスタック７４０は、ｇｅｎｅｒｉｃ ａｃｃｅｓｓ ｐｒｏｆｉｌｅ（ＧＡＰ）およびｇｅｎｅｒｉｃ ａｔｔｒｉｂｕｔｅ ｐｒｏｆｉｌｅ（ＧＡＴＴ）を含んでもよい。ＧＡＰは、無線デバイス７０４がどのように無線ネットワーク上で自己宣伝し、他のネットワークデバイスを発見し、発見したデバイスとの無線リンクを確立するかを特定してもよい。ＧＡＴＴは、一旦２つの通信無線デバイスの間の接続が確立すると、これらの通信無線デバイスの間でのデータ交換がどのように発生することができるかを特定してもよい。プロトコルスタック７４０は、データのペアリング、署名および暗号化がどのように実行されるかを制御するセキュリティマネージャ（ＳＭ）をさらに含んでもよい。ＧＡＴＴは、データのユニットがどのようにデバイスの間で転送されるかについて特定するａｔｔｒｉｂｕｔｅ ｐｒｏ

ｔｏｃｏｌ（ＡＴＴ）を用いてもよい。無線デバイス７０４はまた、図７Ａには明確に示されない他の構成要素、例えば、ホストコントローラインタフェースを含んでもよい。

【００４９】

無線デバイス７０４は、コントローラ７５０を備えてもよく、コントローラ７５０は、１つまたは複数のプロセッサ７５２、例えば、中央演算処理装置（ＣＰＵ）、有限状態マシン（ＦＳＭ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）などを含んでもよい。プロセッサ７５２はまた、カスタム論理および／またはプログラマブル論理または任意のそれらの組み合わせを含んでもよい。いくつかの実施形態では、コントローラ７５０は、データ送受信ならびに距離（および／または角度）推定計算に関連付けられたプロセスをサポートする単一の処理デバイスでもよい。いくつかの実施態様において、無線デバイス７０４は、距離（および／または角度）推定計算のための専用プロセッサを有してもよく、この専用プロセッサは、無線デバイス７０４上の他の動作（例えば、データ送受信に関連付けられたプロセス）を実行するプロセッサとは別である。

【００５０】

無線デバイス７０４はまた、クロック／リセットおよびパワー資源を管理するパワーマネジメントユニット（ＰＭＵ）７７０を含んでもよい。無線デバイス７０４は、入出力（Ｉ／Ｏ）コントローラ７８０をさらに含み、（非ネットワークデバイスを含む）他の外部デバイスおよび構造との通信を可能にしてもよい。いくつかの実施態様において、入出力コントローラ７８０は、汎用Ｉ／Ｏ（ＧＰＩＯ）インタフェース、ＵＳＢインタフェース、シリアルデジタルインタフェース（ＳＤＩ）、ＰＣＭデジタルオーディオモジュール、汎用非同期送受信機（ＵＡＲＴ）、$I^2C$、$I^2S$または他の任意のＩ／Ｏ構成要素を可能にしてもよい。

【００５１】

コントローラ７５０は、メモリ７６０を含んでもよく、メモリ７６０は、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）および／または揮発性、例えば、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）でもよい（またはこれらを含んでもよい）。メモリ７６０は、物体ローカライゼーションエンジン７６２、テンソルベース追跡エンジン７６４、トーン選択エンジン７６６および他の適切なエンジンのためのコードおよびサポーティングデータを格納してもよい。いくつかの実施態様において、エンジンの任意の１つまたは複数は、図７Ａのそれぞれの破線のボックスで示されるように、ホストデバイス７０２上に位置してもよい。エンジンは、ドメイン固有アプリケーション７０３に関連して動作してもよく、ドメイン固有アプリケーション７０３は、デバイスまたはアセット追跡アプリケーション、屋内のナビゲーションアプリケーション、認証アプリケーションまたは任意の他の適切なアプリケーションでもよい。ホストデバイス７０２または無線デバイス７０４上のエンジン７６２から７６６の配置は、ドメイン固有基準ならびにパワー制約に基づいてもよい。低遅延が高い優先度である実施態様では、エンジン７６２から７６６は、無線デバイス７０４上に配置されてもよい。消費電力の減少が有利である他の実施態様では、エンジン７６２から７６６は、ホストデバイス７０２上に配置されてもよい。いくつかの実施態様において、いくつかのエンジン（例えば、トーン選択エンジン７６６）が無線デバイス７０４上に配置されてもよく、一方、他のエンジン（例えば、物体ローカライゼーションエンジン７６２およびテンソルベース追跡エンジン７６４）がホストデバイス７０２上に配置されてもよい。

【００５２】

アプリケーション７０３は、（いくつかの実施態様では、単一のプラットフォーム上に、または、各々の付近に実装されてもよい）ホストデバイス７０２／無線デバイス７０４の環境内に位置するさまざまな物体に関する情報を用いてもよい。この種の情報は、物体までの距離、物体に対する方向、物体の配向またはホストデバイス７０２／無線デバイス７０４に対する他の任意の空間特性データを含んでもよい。データは、物体ローカライゼーションエンジン７６２によって提供されてもよく、物体ローカライゼーションエンジン７６２は、図２から図６に関連して上述したように、テンソルベース追跡エンジン７６４

によって決定されるように、環境内のさまざまな物体の位置および速度を受信し、処理する。いくつかの実施態様において、テンソルベース追跡エンジン７６４は、物体までの距離の予想される範囲を、トーン選択エンジン７６６に提供する。距離の予想される範囲は、無線デバイス７０４の動作によってサポートされる特定のアプリケーション７０３に依存してもよい。例えば、キーフォブアプリケーションでは、距離の範囲は、最高数メートルでもよく、倉庫製品追跡アプリケーションでは、距離の範囲は、数十メートルまたはそれ以上でもよい。受信した距離の範囲に基づいて、トーン選択エンジン７６６は、所定の検知イベントのためのトーンを選択してもよく、そのトーンは、均一の周波数インクリメント、例えば、$f_0+(k-1)\times\Delta f$によって分離されるトーンでもよい。トーン選択エンジン７６６は、用いられるトーンの総数Ｎ（例えば、ｋ＝１．．．Ｎ）をさらに特定してもよい。いくつかの実施態様において、トーン選択エンジン７６６は、利用可能なバンド幅（例えば、ＢＴバンド幅）の使用を最大にするトーン、検出距離の範囲を最大にするトーン（例えば、狭い間隔のトーン）、検出距離の精度を最大にするトーン（例えば、広い間隔のトーン）を選択してもよい。いくつかの実施態様において、トーン選択エンジン７６６は、ランダムに、または、任意の所定のパターンに従って、トーンを選択してもよい。

【００５３】

選択されたトーンは、プロトコルスタック７４０（およびリンクレイヤ７３０およびＰＨＹ７２０）に提供されてもよく、プロトコルスタック７４０は、無線機７１０に選択されたトーンで信号を生成させ、生成された信号を外部環境に送信させてもよい。次に、無線機７１０は、環境のさまざまな物体（他の無線デバイス）からの反射（戻り）信号を受信し、反射信号によって伝達される位相情報を送信信号の局部発振器コピーの位相情報と比較することによって、反射信号によって経験される位相シフトを決定してもよい。無線機７１０は、反射信号の振幅をさらに決定してもよい。振幅および位相情報は、共分散行列を計算するテンソルベース追跡エンジン７６４に（例えば、検知値の形で）提供されてもよい。テンソルベースの追跡エンジン７６４は、（図１に描写される）位置－速度推定器１１０を含んでもよく、位置－速度推定器１１０は、上述した図２から図５を参照して記載されているように、外部環境内のさまざまな物体の軌跡の最適化された決定を実行する。テンソルベースの追跡エンジン７６４は、物体の追跡、物体の認証、物体との通信の維持などを実行してもよい物体ローカライゼーションエンジン７６２に、推定した物体の軌跡を提供する。

【００５４】

図７Ｂは、いくつかの実施態様に従って、物体の高速かつ正確なローカライゼーションのための効果的な軌跡決定および追跡をサポートすることができる無線（ＷＬＡＮ）システム７０１の１つの例示的な実施態様を示す。無線システム７００は、ＢＴ／ＢＬＥの実施態様に関連して上述されてきたが、類似のシステムは、任意のＷＬＡＮ（例えば、Ｗｉ－Ｆｉ）の実施態様に関連して用いられてもよい。ＷＬＡＮ無線システム７０１では、適切な無線媒体アクセス制御（ＭＡＣ）レイヤ７３２が、リンクレイヤ７３０の代わりに、ＷＬＡＮに特有のＰＨＹ層７２０およびプロトコルスタック７４０に加えて用いられてもよい。Ｗｉ－Ｆｉおよび他のＷＬＡＮシステムにおいて、検知トーンは、単一のパケットで送信されてもよい。

【００５５】

図８および図９は、いくつかの実施態様に従って、無線デバイスの環境内の物体の軌跡の効果的な決定および追跡の例の方法８００および９００のフロー図である。方法８００および９００は、外部環境内の１つまたは複数の物体までの距離を識別するために実行されてもよい。方法８００および９００は、ＢＴ無線デバイス、ＢＬＥ無線デバイス、ＷＬＡＮワイヤレスデバイスまたは他の任意の適切な無線デバイスまたは装置によって実行されてもよい。無線デバイスはまた、１つまたは複数のアンテナを用いて、複数の検知電波、例えば、ブルートゥース検知波、ブルートゥースローエナジー検知波またはＷｉ－Ｆｉ検知波を送信するように構成される無線機を含んでもよい。方法８００および９００は、

無線デバイスの無線コントローラ、例えば、図７Ａのコントローラ７５０によって実行されてもよい。コントローラは、メモリ（例えば、メモリ７６０）およびメモリに通信結合された処理デバイス（例えば、プロセッサ７５２）を含んでもよい。処理デバイスは、ハードウェア（例えば、回路、専用の論理、プログラム可能な論理、マイクロコードなど）、ファームウェアおよび／またはソフトウェアまたは任意のそれらの組み合わせを含んでもよい。コントローラ７５０は、無線機７１０、ＰＨＹ７２０および他の構成要素／モジュールからデータを受信してもよい。いくつかの実施態様において、方法８００および９００を実行する処理デバイスは、トーン選択エンジン７６６の命令を実行してもよい。特定の実施態様において、方法８００および９００の各々は、単一の処理スレッドによって実行されてもよい。代替的には、方法８００および９００の各々は、２つ以上の処理スレッドによって実行されてもよく、各スレッドは、対応する方法の１つまたは複数の個々の機能、ルーチン、サブルーチンまたは動作を実行する。方法８００および／または９００を実施する処理スレッドは、（例えば、セマフォ、クリティカルセクションおよび／または他のスレッド同期メカニズムを用いて）同期してもよい。代替的には、方法８００および９００を実施する処理スレッドは、互いに対して非同期に実行されてもよい。方法８００および９００のさまざまな動作は、図８および図９に示される命令と比較して、異なる順序で実行されてもよい。方法８００および９００のいくつかの動作は、他の動作に並行して実行されてもよい。いくつかの動作は、オプションでもよい。

【００５６】

図８は、いくつかの実施態様に従って、無線デバイスの環境内の物体の軌跡の効果的な距離ベースの決定の一例の方法８００のフロー図である。ブロック８１０において、方法８００は、検知値の複数のセットを決定することを含んでもよい。検知値の各セット｛$r_j$｝は、複数の検知イベントのそれぞれ１つの間、（例えば、図１に示したような）無線デバイスの環境内に位置する物体から受信される１つまたは複数の無線信号を特徴付けてもよい。（所定の検知イベントの一部として）受信される１つまたは複数の無線信号は、異なる周波数、例えば、インクリメントΔｆの間隔の周波数を有してもよく、インクリメントΔｆは、１ＭＨｚと５０ＭＨｚまたはそれ以上との間のどこにあってもよい。より詳しくは、各検知値$r_j$（ｊ＝１．．．Ｎ）は、無線デバイスによって送信され、次に検出される特定周波数$f_j$の信号を特徴付けてもよい。各検知値$r_j$は、環境内の１つまたは複数の経路（ｋ＝１．．．ｎ）を通じて物体から受信される信号（振幅$S_k$を有する）の組み合わせ（例えば、

【数２１】

$$\sum_{k=1}^{n} a_j(d_k) S_k$$

）を表現してもよい。いくつかの実施態様において、物体から受信される電波の各々は、物体が無線デバイスによって送信された対応する検知電波を受信することに応答して生成されてもよい。

【００５７】

ブロック８２０において、処理デバイスは、複数の尤度ベクトル（ＬＶ）、例えば、$P_i$（ｄ）を取得してもよい。複数のＬＶの各々は、検知値の複数のセットのそれぞれのセットを用いて取得されてもよい。例えば、第１（第２、第３など）のＬＶは、時間$t_1$（$t_2$、$t_3$など）で起こる、第１（第２、第３など）の検知イベントの一部として取得される検知値を用いて生成されてもよい。複数のＬＶの各々は、物体が、無線デバイスからの距離のセット（例えば、別々の距離）のうちの１つの距離に位置するという尤度を特徴付けてもよく、例えば、$P_i$（$d_1$）＞$P_i$（$d_2$）は、検知イベント$t_i$の時に、物体は、距離$d_2$より距離$d_1$に位置する可能性が高いことを示す。

【００５８】

いくつかの実施態様において、複数のＬＶの各々は、複数の要素$a_j$（$d_k$）を有するステアリングベクトルを用いて取得されてもよい。複数の要素の各々は、無線デバイスと

物体との間の経路（例えば、長さ２ｄ$_k$の経路）を通じた１つまたは複数の無線信号のうちのそれぞれの無線信号（例えば、周波数ｆ$_j$の信号）の伝播を特徴付けてもよい。

【００５９】

ＭＵＳＩＣアルゴリズムを展開する実施態様において、複数のＬＶの各々は、検知値の複数のセットのそれぞれのセットの共分散行列の１つまたは複数のノイズ固有ベクトルまたは信号固有ベクトルを用いて取得されてもよい。いくつかの実施態様において、複数のＬＶの各々を取得することは、内挿を含んでもよい。より詳しくは、任意の所定のＬＶの要素、例えば、検知イベントｔ$_i$のためのＰ$_i$（ｄ）は、追加の距離に対する内挿が続く、限定された数の距離ｄのための測定された検知値に基づいて計算されてもよい。例えば、所定のＬＶは、１００個の要素を有してもよく、そのうち２０個の要素（例えば、２０個の異なる距離ｄに対応する）は、測定された検知値に基づいて計算されてもよく、残りの８０個の要素は、２０個の要素を用いて内挿されてもよい。

【００６０】

ブロック８３０において、方法８００は、処理デバイスによって、複数のＬＶのうちの２つ以上のＬＶを用いて、尤度テンソル（ＬＴ）、例えば、Ｐ（ｄ$_0$，ｖ）、Ｐ（$\vec{r}_0$，$\vec{v}$）などを生成することを継続してもよい。ＬＴは、１つまたは複数の距離次元および１つまたは複数の速度次元を含む位置－速度空間（例えば、ｄ－ｖ空間または$\vec{r}_0$－$\vec{v}$空間）上で定義されてもよい。位置－速度空間の１つまたは複数の距離次元は、基準時間（例えば、時間ｔ＝０とみなされるなんらかの時間）において、物体の１つ（例えば、ｄ$_0$）または２つの（例えば、$\vec{r}_0$の任意の適切な構成要素）の空間座標を含んでもよい。距離次元および速度次元（例えば、ｖまたは$\vec{v}$の任意の適切な構成要素）は、任意の座標、例えば、デカルト座標（例えば、ｘ$_0$，ｙ$_0$；ｖ$_x$，ｖ$_y$）、極座標（例えば、ｒ$_0$，φ$_0$；ｖ，θ）、楕円座標、球面座標、円柱座標など）に関して定義されてもよい。ＬＴは、物体が位置－速度空間内の点によって識別される軌跡のセットの１つに沿って移動しているという尤度を特徴付けてもよい。

【００６１】

いくつかの実施態様において、図８のコールアウト部分によって示されるように、ＬＴを生成することは、ブロック８３２において、検知値の複数のセットを用いてＬＴの要素の第１のセットを計算することを含んでもよく、ブロック８３４において、ＬＴの要素の第１のセットからの内挿を用いて、ＬＴの要素の第２のセットを計算することをさらに含んでもよい。「第１」および「第２」は、いかなる時間的または処理順序も前提としないことを理解されたい。したがって、ＬＴの要素の第１のセットおよびＬＴの要素の第２のセットは、ＬＴの任意の要素を含んでもよい。いくつかの実施態様において、ＬＴの要素の第１のセットは、複数のＬＶの各ＬＶの少なくともいくつかの要素を含んでもよい。例えば、ＬＴの要素の第１のセットは、各ＬＶの全部または一部の要素を含んでもよく、例えば、ＬＴのセルの最終行に対応する少なくともいくつかの要素は、図４Ａおよび図４Ｂにおいて描写されている。次に、内挿は、図４Ａおよび図４Ｂにおけるセルの残りの行に対応する要素を決定してもよい。１つの図示例において、ＬＴは、５０個の行および１００個の列を有してもよい。最初に、各ＬＶの２０個の要素が、測定された検知値に基づいて計算されてもよく、一方、各ＬＶの残りの８０個の要素は、それぞれの２０個の要素を用いて内挿されてもよい。このようにして計算されるＬＶを（要素ごとに）追加することは、ＬＴの最終行を決定する。次に、ＬＴの残りの４９個の行は、内挿を用いて最終行のＬＶの要素から計算されてもよい。

【００６２】

いくつかの実施態様において、例えば、図５Ｃおよび図６Ｂに関連して上述したように、ＬＴは、異なる無線デバイスによって測定される検知値に基づいて取得される１つまたは複数のＬＶを用いて生成される。

【００６３】

ブロック８４０において、方法８００は、ＬＴを用いて、物体の推定された軌跡を決定することを含んでもよい。例えば、物体の推定された軌跡を決定することは、ＬＴの１つ

または複数の極値を識別することを含んでもよく、物体までの最短距離（例えば、他の物体によって妨害されない見通し線経路）に関連付けられたＬＴの極値を選択することをさらに含んでもよい。物体の推定された軌跡は、基準時間（例えば、ゼロまたは他の任意の基準時間$t_0$）における、物体の速度ｖ（またはベクトル速度の複数の成分$v_x$、$v_y$、$v_z$）および物体（または座標$x_0$、$y_0$、$z_0$を有する基準ベクトル位置）までの距離$d_0$を含んでもよい。いくつかの実施態様において、物体の推定された軌跡は、物体の軌跡を推定する無線デバイスと通信するホストデバイス上で実行されているアプリケーションに提供されてもよい。

【００６４】

図９は、いくつかの実施態様に従って、無線デバイスの環境内の物体の軌跡の効果的な距離ベースの追跡の一例の方法９００のフロー図である。方法９００は、方法８００の一部として、または、方法８００の延長として実行されてもよい。例えば、方法８００は、特定の物体のための最初の軌跡決定を実行してもよく、一方、方法９００は、次の軌跡追跡を実行してもよい。ブロック９１０において、方法９００は、例えば、追加の検知イベントの一部として、検知値の新しいセットを決定することを含んでもよい。ブロック９２０において、方法９００は、検知値の新しいセットを用いて、新しいＬＶを取得することを継続してもよい。ブロック９３０において、方法９００は、新しいＬＶを用いて、ＬＴを更新することを含んでもよい。図９のコールアウト部分によって描写されるように、ＬＴを更新することは、ブロック９３２において、フィルタをＬＴの要素（ＬＴの任意の要素でもよい）に適用することを含んでもよい。フィルタを適用することは、新しいＬＶに基づいて、かつ、ＬＴの対応要素の時間的変化を予測する任意の適切なモデルに基づいて、ＬＴの要素を修正することを含んでもよい。いくつかの実施形態において、ブロック９３４に示されるように、ＬＴを更新することは、ＬＴから最も古いＬＶの寄与を除去することを含んでもよい。ブロック９４０において、方法９００を実行する処理デバイスは、更新され組み合わせたＬＴを用いて、物体の推定された軌跡を更新してもよい。

【００６５】

上述した説明が例示であり、制限することを意図するものではないことを理解されたい。多くの他の実施態様の例は、上述した説明を読み、理解すると、当業者には明らかである。本開示は、具体例を記載するが、本開示のシステムおよび方法が本願明細書に記載されている例に限定されるものではなく、添付の請求の範囲内での修正を伴って実施されてもよいことを認識されたい。したがって、明細書および図面は、制限的な意味ではなくむしろ例示的な意味で考えられるべきである。それゆえ、本開示の範囲は、添付の請求の範囲に関して、この種の請求項に権利を与える（ｅｎｔｉｔｌｅ）均等物の全範囲とともに決定されなければならない。

【００６６】

上述した方法、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェアまたはコードの実施態様は、処理要素によって実行可能である、機械アクセス可能の、機械可読の、コンピュータアクセス可能のまたはコンピュータ可読の媒体上に格納される命令またはコードを介して実施されてもよい。「メモリ」は、機械、例えば、コンピュータまたは電子システムによって可読な形で情報を提供（すなわち、格納および／または送信）する任意のメカニズムを含む。例えば、「メモリ」は、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、例えば、スタティックＲＡＭ（ＳＲＡＭ）またはダイナミックＲＡＭ（ＤＲＡＭ）、ＲＯＭ、磁気または光学記憶媒体、フラッシュメモリ素子、電子記憶装置、光学記憶装置、音響記憶装置および機械（例えば、コンピュータ）によって可読な形で電子命令または情報を格納または送信するのに適している有形の機械可読な媒体の任意のタイプを含む。

【００６７】

この明細書全体において、「一実施態様」または「実施態様」に対する参照は、実施態様に関連して記載されている特定の特徴、構造または特性が、開示の少なくとも１つの実施態様に含まれることを意味する。したがって、この明細書全体のさまざまな場所における「一実施態様において」または「実施態様において」というフレーズの出現は、必ずし

もすべて同じ実施態様を参照しているわけではない。さらに、１つまたは複数の実施態様において、特定の特徴、構造または特性を任意の適切な方法で組み合わせてもよい。

【００６８】

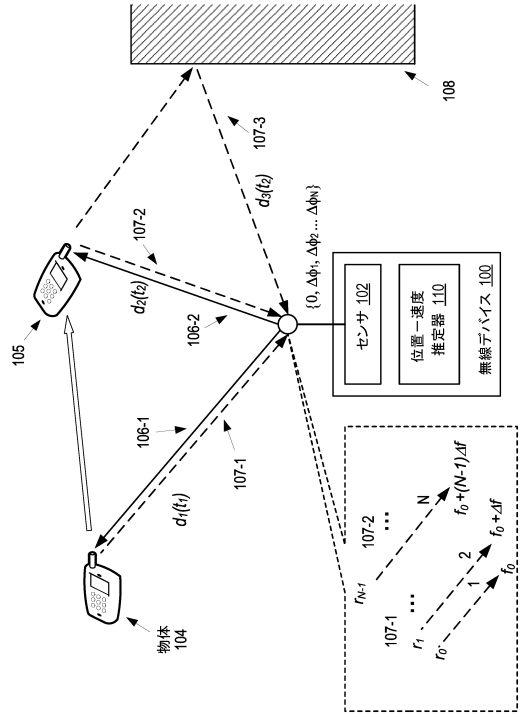
上述した明細書において、詳細な説明は、特定の例示的な実施態様を参照して与えられてきた。しかしながら、添付の請求項に記載したように、開示のより広い精神および範囲を逸脱しない範囲で、さまざまな修正および変更がなされてもよいことは明白である。したがって、明細書および図面は、制限的な意味ではなくむしろ例示的な意味で考えられるべきである。さらに、実施態様の上述した使用、実施態様および／または他の例示的な文言は、必ずしも同じ実施態様または同じ例を参照するわけではなく、異なる実施態様ならびに潜在的に同じ実施態様を参照してもよい。

【００６９】

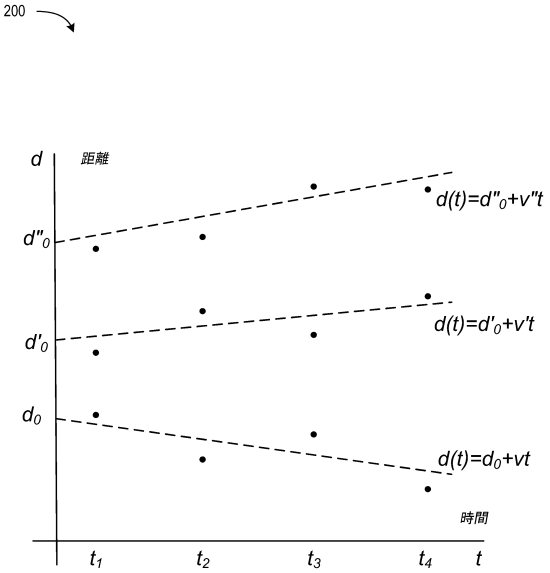
本願明細書において用いられる「例」または「例示的」という用語は、例、実例または説明として機能することを意味するために用いられる。「例」または「例示的」として本願明細書において記載される任意の態様または設計は、必ずしも、他の態様または設計よりも好ましいかまたは有利であるとして解釈されるものではない。むしろ、「例」または「例示的」という用語の使用は、具体的な方法で本概念を提示することを意図する。本出願において用いられるとき、「または」という用語は、排他的な「または」ではなく、包括的な「または」を意味することを意図する。すなわち、他に明記しない限り、または、文脈から明確でない限り、「Ｘは、ＡまたはＢを含む」は、自然な包括的な並べ替えのいずれかを意味することを意図する。すなわち、ＸがＡを含む場合、ＸがＢを含む場合、または、ＸがＡおよびＢの両方を含む場合、上述した例のいずれかにおいて「ＸはＡまたはＢを含む」が満たされる。加えて、この出願および添付の請求の範囲において用いられている単数形の不定冠詞は、概して、特に明記しない限り、または、文脈から明確でない限り、「１つまたは複数」を意味するものと解釈されるべきである。さらに、全体にわたり「実施態様」または「一実施態様」という用語の使用は、このように記載されない限り、同じ実施態様を意味することを意図するものではない。また、本願明細書で用いられる「第１」、「第２」、「第３」、「第４」などの用語は、異なる要素の間で区別するラベルとして意味するものであり、必ずしも、それらの数値的な指定に従う序数の意味を有するものではない。

【図面】

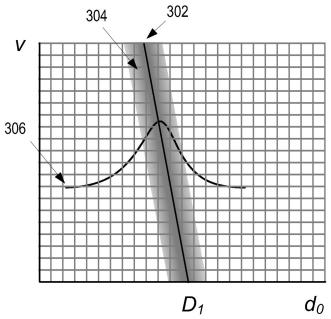
【図１】



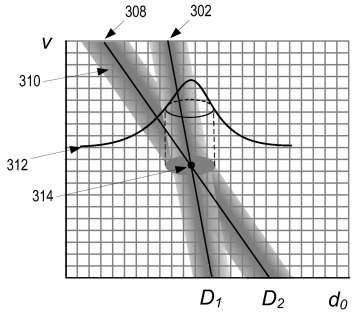

【図２】



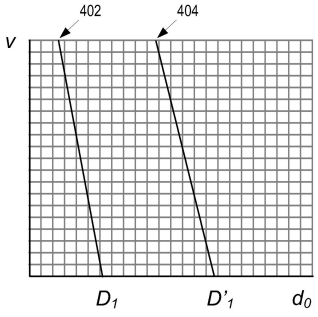

【図３Ａ】



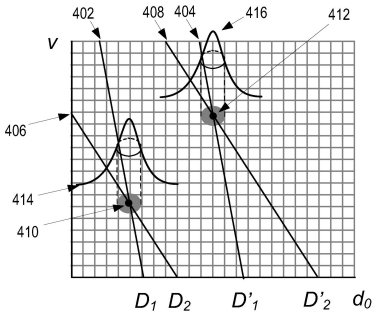

【図３Ｂ】



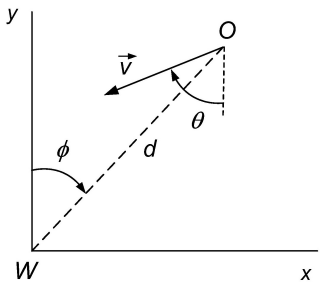
【図４Ａ】



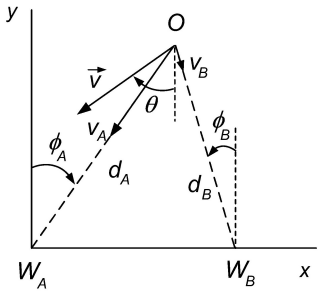

【図４Ｂ】



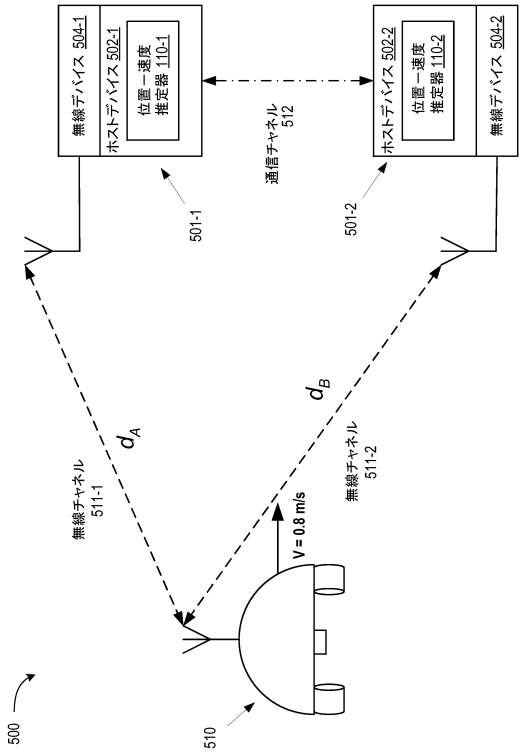

【図５Ａ】



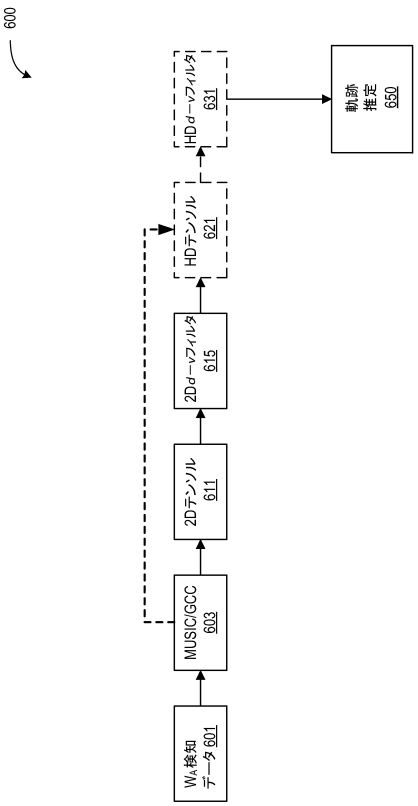

【図５Ｂ】



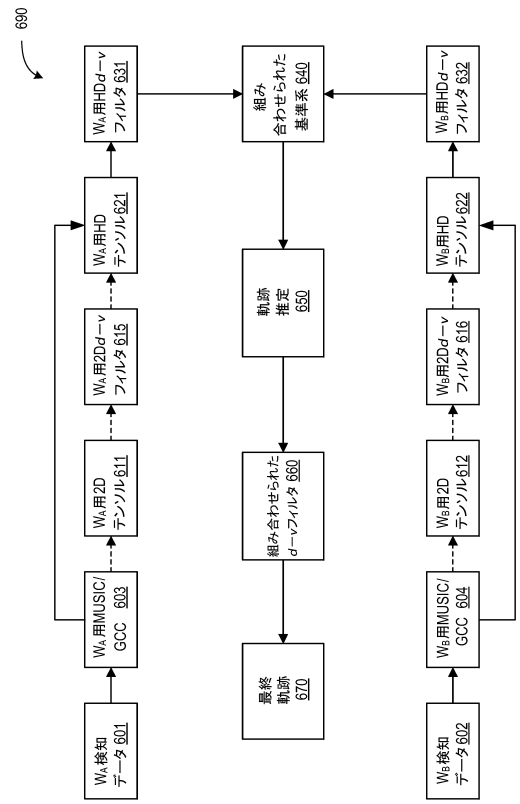
【図５Ｃ】



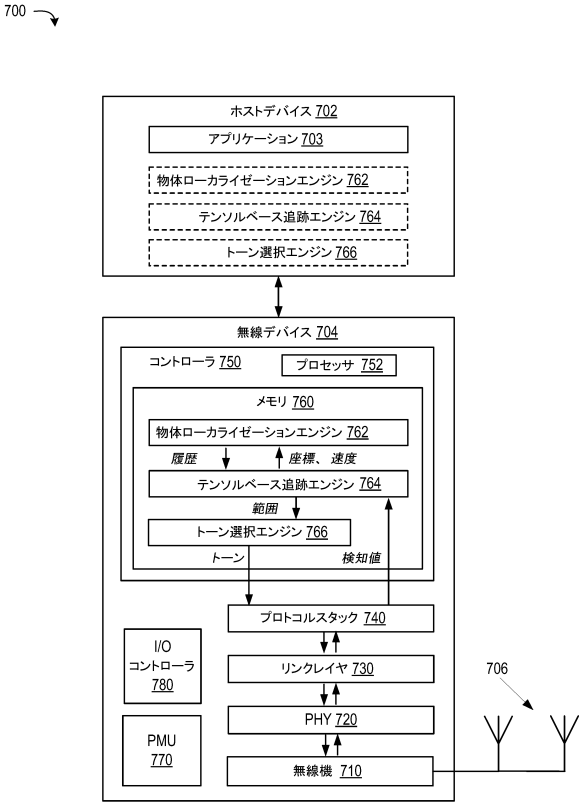

【図６Ａ】



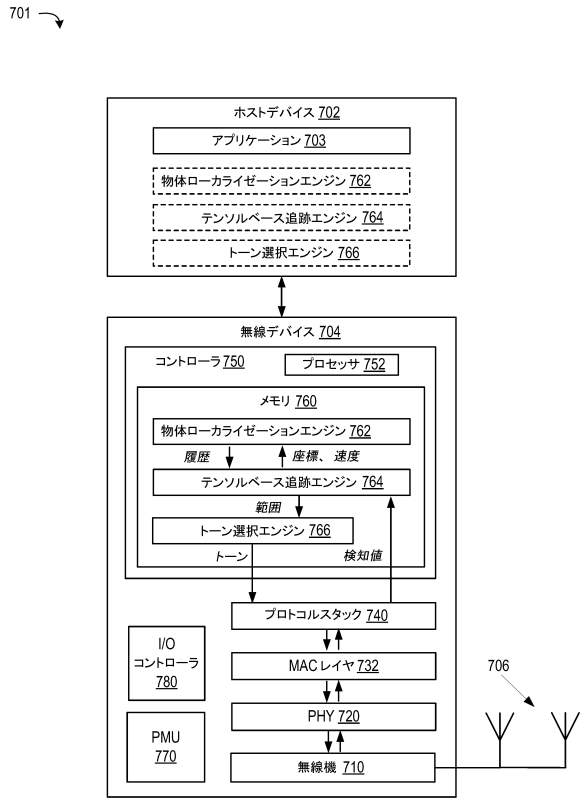

【図６Ｂ】



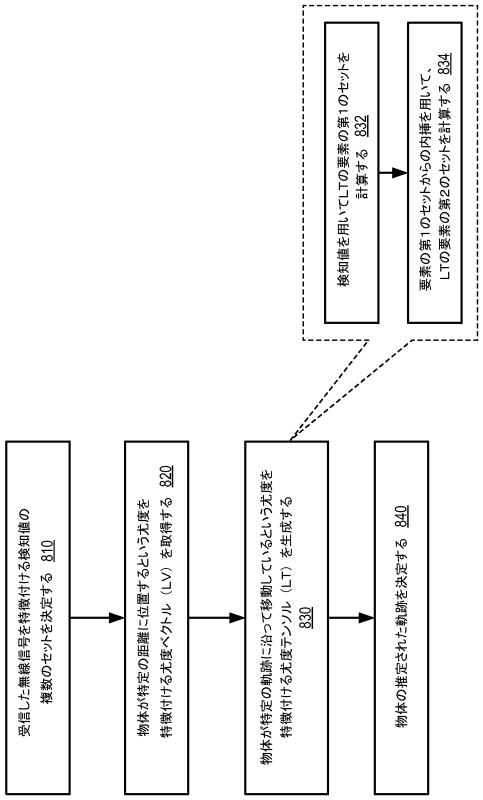

【図７Ａ】



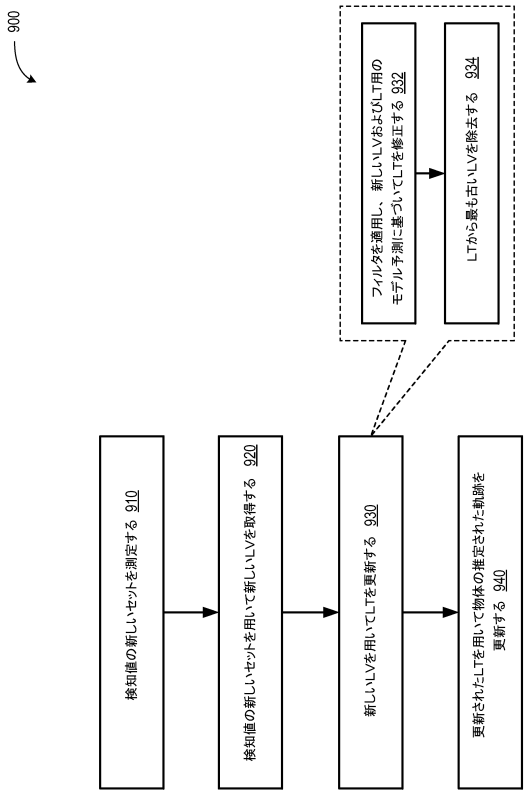
【図７Ｂ】




【図８】




【図９】




【外国語明細書】

2023164398000037.pdf

フロントページの続き

(74)代理人　100098501
弁理士　森田 拓
(74)代理人　100116403
弁理士　前川 純一
(74)代理人　100134315
弁理士　永島 秀郎
(74)代理人　100162880
弁理士　上島 類
(72)発明者　イゴール コリチ
ウクライナ国 リヴィウ ヴィトヴィーチャ ストリート １２ アパートメント ２
(72)発明者　キラン ウルン
アメリカ合衆国 カリフォルニア プレザントン アンバーウッド サークル ４１４９

Ｆターム（参考）　5J062　AA09 BB01 BB05 CC11 HH01