

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-146473
(P2018-146473A)

(43) 公開日 平成30年9月20日 (2018.9.20)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G O 1 S 5/02 (2010.01) G O 1 S 5/02 Z 5 J O 6 2

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-43625 (P2017-43625)
(22) 出願日 平成29年3月8日 (2017.3.8)

(71) 出願人 314012087
株式会社光電製作所
東京都大田区多摩川二丁目13番24号
(74) 代理人 100105924
弁理士 森下 賢樹
(72) 発明者 ショフィヤティ ヌール カリマー
石川県能美市旭台1-8 6-411
(72) 発明者 ムハンマド レザ カハル アジズ
コンプレクス ドセン ユニラ、スマン
トリ ブロンジョネゴロ ストリート 2
7号、メネン ビル、バンドル ランプン
、ランプン、35145 インドネシア
(72) 発明者 松本 正
石川県能美市旭台1-50 E45
Fターム(参考) 5J062 AA09 CC12 CC18 DD23 FF01

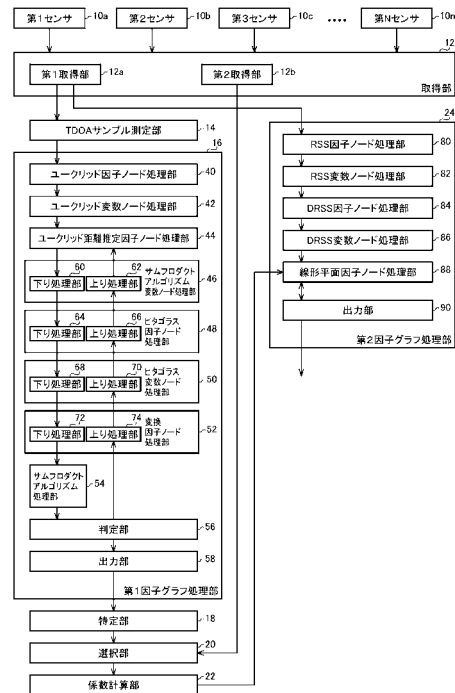
(54) 【発明の名称】 推定方法およびそれを利用した推定装置

(57) 【要約】

【課題】送信電力の情報がなくとも、送信元になる無線装置の位置を推定する技術を提供する。

【解決手段】第1取得部12aはTOAとRSSを取得する。TDOAサンプル測定部14はTOAからTDOAを導出する。第1因子グラフ処理部16は、TDOAを使用して、無線装置の位置座標の第1推定値を導出する。特定部18は、第1推定値の近くに配置された少なくとも4つのセンサ10を特定する。第2取得部12bはトレーニング信号のRSSを取得する。選択部20は、第2取得部12bにおいて取得したRSSのうち、特定した少なくとも4つのセンサ10に対するRSSを選択する。係数計算部22は、選択したRSSをもとに係数を計算する。第2因子グラフ処理部24は、第1取得部12aにおいて取得したRSSからDRSSを導出し、導出したDRSSと係数とを使用しながら、無線装置の位置座標の第2推定値を導出する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象となる無線装置からの信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのサンプルの T O A (Time Of Arrival) と R S S (Receive Signal Strength) を取得する第 1 取得部と、

前記第 1 取得部において取得したサンプルの T O A からセンサ間のサンプルの T D O A (Time Difference Of Arrival) を導出する T D O A サンプル測定部と、

前記 T D O A サンプル測定部において導出したセンサ間のサンプルの T D O A を使用して、ピタゴラスの T D O A ベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第 1 推定値を導出する第 1 因子グラフ処理部と、

前記第 1 因子グラフ処理部において導出した第 1 推定値の近くに配置された少なくとも 4 つのセンサを特定する特定部と、

既知の送信装置からのトレーニング信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのサンプルの R S S を取得する第 2 取得部と、

前記第 2 取得部において取得した R S S のうち、前記特定部において特定した少なくとも 4 つのセンサに対する R S S を選択する選択部と、

前記選択部において選択した R S S をもとに、係数を計算する係数計算部と、

前記第 1 取得部において取得したサンプルの R S S からセンサ間のサンプルの D R S S (Differential R S S) を導出し、導出した D R S S と前記係数計算部において計算した係数とを使用しながら、D R S S ベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第 2 推定値を導出する第 2 因子グラフ処理部と、

を備えることを特徴とする推定装置。

【請求項 2】

対象となる無線装置からの信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのサンプルの T O A (Time Of Arrival) と R S S (Receive Signal Strength) を取得するステップと、

取得したサンプルの T O A からセンサ間のサンプルの T D O A (Time Difference Of Arrival) を導出するステップと、

導出したセンサ間のサンプルの T D O A を使用して、ピタゴラスの T D O A ベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第 1 推定値を導出するステップと、

導出した第 1 推定値の近くに配置された少なくとも 4 つのセンサを特定するステップと、

既知の送信装置からのトレーニング信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのトレーニング信号に対するサンプルの R S S を取得するステップと、

トレーニング信号に対するサンプルの R S S のうち、特定した少なくとも 4 つのセンサに対する R S S を選択するステップと、

選択した R S S をもとに、係数を計算するステップと、

対象となる無線装置からの信号に対するサンプルの R S S からセンサ間のサンプルの D R S S (Differential R S S) を導出し、導出した D R S S と、計算した係数とを使用しながら、D R S S ベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第 2 推定値を導出するステップと、

を備えることを特徴とする推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、推定技術に関し、未知の発信源の位置を推定する推定方法およびそれを利用した推定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

無線の位置を推定するために、TOA (Time Of Arrival)、RSS (Receive Signal Strength) 等が使用されているが、見通しがなく、かつマルチパス環境である屋内環境での使用には、RSSの方が適している。RSSによる処理を簡易にするために、超平面方程式、因子グラフも使用される(例えば、非特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献1】Chin - Tseng Huang, Cheng - Hsuan Wu, Yao - Nan Lee and Jiunn - Tsair Chen, 「A Novel Indoor RSS - Based Position Location Algorithm Using Factor Graphs」、IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS、JUNE 2009、VOL. 8、NO. 6、p. 3050 - 3058

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

信号の送信元になる無線装置の位置をRSSをもとに推定する場合、無線装置における送信電力の情報が必要になる。しかしながら、推定対象となる無線装置が、不法無線局や未知発信源である場合、送信電力の情報を取得することが困難である。そこで、2つのセンサのそれぞれにおけるRSSを減算することによって導出されたDRSS (Differential RSS)をもとに、推定がなされる。DRSSでは、無線装置を囲むような少なくとも4つの観測スポットが必要になる。

20

【0005】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、送信電力の情報がなくとも、送信元になる無線装置の位置を推定する技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の推定装置は、対象となる無線装置からの信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのサンプルのTOA (Time Of Arrival)とRSS (Receive Signal Strength)を取得する第1取得部と、第1取得部において取得したサンプルのTOAからセンサ間のサンプルのTDOA (Time Difference Of Arrival)を導出するTDOAサンプル測定部と、TDOAサンプル測定部において導出したセンサ間のサンプルのTDOAを使用して、ピタゴラスのTDOAベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第1推定値を導出する第1因子グラフ処理部と、第1因子グラフ処理部において導出した第1推定値の近くに配置された少なくとも4つのセンサを特定する特定部と、既知の送信装置からのトレーニング信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのサンプルのRSSを取得する第2取得部と、第2取得部において取得したRSSのうち、特定部において特定した少なくとも4つのセンサに対するRSSを選択する選択部と、選択部において選択したRSSをもとに、係数を計算する係数計算部と、第1取得部において取得したサンプルのRSSからセンサ間のサンプルのDRSS (Differential RSS)を導出し、導出したDRSSと係数計算部において計算した係数とを使用しながら、DRSSベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第2推定値を導出する第2因子グラフ処理部と、を備える。

30

40

【0007】

本発明の別の態様は、推定方法である。この方法は、対象となる無線装置からの信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのサンプルのTOA (Ti

50

me Of Arrival)とRSS(Receive Signal Strength)を取得するステップと、取得したサンプルのTOAからセンサ間のサンプルのTDOA(Time Difference Of Arrival)を導出するステップと、導出したセンサ間のサンプルのTDOAを使用して、ピタゴラスのTDOAベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第1推定値を導出するステップと、導出した第1推定値の近くに配置された少なくとも4つのセンサを特定するステップと、既知の送信装置からのトレーニング信号が複数のセンサのそれぞれにおいて受信されており、各センサでのトレーニング信号に対するサンプルのRSSを取得するステップと、トレーニング信号に対するサンプルのRSSのうち、特定した少なくとも4つのセンサに対するRSSを選択するステップと、選択したRSSをもとに、係数を計算するステップと、対象となる無線装置からの信号に対するサンプルのRSSからセンサ間のサンプルのDRSS(Differential RSS)を導出し、導出したDRSSと、計算した係数とを使用しながら、DRSSベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第2推定値を導出するステップと、を備える。

10

【0008】

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、記録媒体、コンピュータプログラム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】

【0009】

本発明によれば、送信電力の情報がなくとも、送信元になる無線装置の位置を推定できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施例に係る推定装置の構成を示す図である。

【図2】図1の推定装置によるPTDOAベースの因子グラフ処理の手順を示すフローチャートである。

【図3】図1の推定装置による下り処理の手順を示すフローチャートである。

【図4】図1の推定装置による上り処理の手順を示すフローチャートである。

【図5】図1の推定装置による計算処理の手順を示すフローチャートである。

30

【図6】図1の推定装置によるDRSSベースの因子グラフ処理の手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明を具体的に説明する前に、まず概要を述べる。本発明の実施例は、不法無線局や未知発信源(以下、「無線装置」という)の位置を推定する推定装置に関する。ジオロケーションの近年のトレンドは、低価格、高精度、簡易性を確立することであるが、このジオロケーションは、未知の無線装置の位置を推定することにも使用されつつある。ここで、「未知」は、ターゲットである無線装置のTOAと送信電力が分からないことを示す。無線でのジオロケーションは、電磁波の性質を観測することによって、無線装置の地理的座標を計算する処理として定義される。無線装置の地理的位置を推定するために、TOA、RSS、TDOA(Time Difference Of Arrival)、それらの組合せにおいて電磁波の性質が観測される。

40

【0012】

これまで、RSSとTOAの測定の組合せや、RSSとDOA(Direction Of Arrival)の測定の組合せが、ジオロケーションに使用されている。これらの組合せによって、RSSだけ、TOAだけ、DOAだけの場合よりも精度が向上する。しかしながら、方向角を得るために追加の構成が必要になる。また、RSSとTOAの組合せでは、未知のターゲットに対する絶対的な送信電力とタイムスタンプの情報がないと、未知の無線装置の位置を推定できない。

50

【0013】

本実施例では、未知の無線装置の位置を推定するために、PTDOA (Pythagorean Time Difference Of Arrival) 因子グラフとDRSS因子グラフとが組み合わされる。因子グラフのアルゴリズム構造では、グローバル関数が複数のローカル関数に分解される。ローカル関数として、因子グラフは2種類のノードを含む。1つ目は因子ノードであり、因子ノードは、更新したソフト情報(SI)メッセージを計算する。2つ目は変数ノードであり、変数ノードは、サムプロダクトアルゴリズムを実行し、因子ノードに値を渡す。これら因子ノードと変数ノードとの間では、測定データの平均値と分散値が交換される。

【0014】

ジオロケーション技術において因子グラフは、TOAを使用してターゲットの位置を推定するためにサムプロダクトアルゴリズムを実行する。ガウス分布であると想定されるTOA測定結果の平均値と分散値だけがノードの間で交換される。各センサはTOAを測定し、平均値と分散値が計算される。しかしながら、因子グラフをベースとしたTOAは、ターゲットの完全な時間同期を必要とし、ターゲットが未知である場合にそれは不可能である。そのため、タイムスタンプの知識を不要とするために、因子グラフをベースとしたピタゴラスのTDOAが導入される。因子グラフをベースとしたピタゴラスのTDOAは、因子グラフをベースとしたTOAを修正したものであり、因子グラフにノードが追加される。追加されたノードでは、2つのセンサ間のTOAデータの減算が実行される。

【0015】

因子グラフをベースとしたRSSもジオロケーション技術に使用される。いくつかの観測スポットから送信信号系列が送信され、RSSがワット単位で取得される。RSSはdB単位に変換されて因子グラフに入力される。トレーニングによって得られたRSS情報参照データは、内挿法によってPDP (Power Decay Profile) を生成するために使用される。ここで、局所的な線形性が、ターゲットの位置を推定するために利用される。これは、屋内において高精度である。

【0016】

未知の無線装置における絶対的な送信電力の知識を不要とするために、因子グラフをベースとしたDRSSが提案される。DRSSは、2つのセンサのそれぞれにおけるRSSを減算することによって、RSSを修正した技術である。この減算は、因子グラフに新たなノードの追加を必要とする。しかしながら、DRSSでは、少なくとも4つの適切な観測スポットからのRSS情報を必要とする。それは、DRSSのアルゴリズムが差分領域で動作するので、4つかそれ以上の観測スポットがないと線型方程式が縮退してしまって位置が定まらないからである。なお、線型方程式が縮退することは、マトリクスのランクが一つ下がることともいえる。

【0017】

この観測スポットは、ターゲットに近い位置を有し、ターゲットを囲むように配置されなければならない。DRSS因子グラフでは、そのような適切な観測スポットが既知であり、ターゲットが観測スポットのグリッドの中に存在すべきである。実際は、多くの観測スポットが配置され、それらの中から適切な観測スポットを選択するための別のアルゴリズムを必要とする。このような別のアルゴリズムとして、RADARアルゴリズムが使用されるが、RADARアルゴリズムはターゲットの送信電力の知識を必要とする。そのため、ここでは、RADARアルゴリズムの代わりにPTDOA因子グラフを使用する。PTDOA因子グラフは、屋外環境におけるDRSS因子グラフのための観測スポットを選択するために使用される。

【0018】

図1は、推定装置100の構成を示す。推定装置100は、センサ10と総称される第1センサ10a、第2センサ10b、第3センサ10c、第Nセンサ10n、取得部12、TDOAサンプル測定部14、第1因子グラフ処理部16、特定部18、選択部20、係数計算部22、第2因子グラフ処理部24を含む。取得部12は、第1取得部12a、

10

20

30

40

50

第2取得部12bを含む。第1因子グラフ処理部16は、ユークリッド因子ノード処理部40、ユークリッド変数ノード処理部42、ユークリッド距離推定因子ノード処理部44、サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部46、ピタゴラス因子ノード処理部48、ピタゴラス変数ノード処理部50、変換因子ノード処理部52、サムプロダクトアルゴリズム処理部54、判定部56、出力部58を含む。第2因子グラフ処理部24は、RSS因子ノード処理部80、RSS変数ノード処理部82、DRSS因子ノード処理部84、DRSS変数ノード処理部86、線形平面因子ノード処理部88、出力部90を含む。サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部46は、下り処理部60、上り処理部62を含み、ピタゴラス因子ノード処理部48は、下り処理部64、上り処理部66を含み、ピタゴラス変数ノード処理部50は、下り処理部68、上り処理部70を含み、変換因子ノード処理部52は、下り処理部72、上り処理部74を含む。

10

【0019】

N個のセンサ10は、座標 (X_h, Y_h) に配置される。ここで、hはセンサ10のインデックスを示す。これは、 $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ のエリアで、 100 m のメッシュ構成グリッドを有する。N個のセンサ10のうち、4つのセンサ10が観測スポットとされる。4つの観測スポットはターゲットを囲むように配置され、観測スポットの座標は (x_m, y_m) と示される。ここで、mは観測スポットのインデックスを示す。ここで、センサ10の位置は推定装置100に知られている。また、ターゲットの座標は (x, y) と示される。ターゲットは、静的な未知の無線装置であり、対象となる無線装置である。ターゲットから送信された信号は、センサ10に受信される。

20

【0020】

第1取得部12aは、各センサ10において受信された信号であって、かつターゲットから送信された信号をもとに、サンプルのTOAを取得する。TOAは、送信装置から送信され、かつ受信装置で受信された信号間の時間差を示す。ここでは、送信装置がターゲットに相当し、受信装置がセンサ10に相当する。TOAは次のように示される。

【数1】

$$\hat{\tau} = \hat{\tau}_a - \hat{\tau}_d \quad \dots(1)$$

ここで、右辺の前者はセンサ10が信号を受信した受信時間であり、後者はターゲットが信号を送信した送信時間である。未知のターゲットに対して送信時間は取得できないが、受信時間は取得できる。第1取得部12aは、サンプルのTOAをTDOAサンプル測定部14に出力する。

30

【0021】

TDOAサンプル測定部14は、第1取得部12aからのサンプルのTOAを受けつけ、サンプルのTOAからセンサ10間のサンプルのTDOAを導出する。これは、送信時間の知識を不要にするためであり、具体的には、次のように、センサ10間のTOAを減算することによって、TDOAが導出される。

【数2】

$$\begin{aligned} \Delta \hat{\tau}_{i,j} &= \hat{\tau}_i - \hat{\tau}_j \\ &= (\hat{\tau}_{ai} - \hat{\tau}_d) - (\hat{\tau}_{aj} - \hat{\tau}_d) \\ &= \hat{\tau}_{ai} - \hat{\tau}_{aj} \end{aligned} \quad \dots(2)$$

40

TDOAの導出はすべてのセンサ10に対してなされる。

【0022】

第1因子グラフ処理部16は、TDOAサンプル測定部14において導出したセンサ10間のサンプルのTDOAを使用して、PTDOAベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第1推定値を導出する。以下では、第1因子グラフ処

50

理部 16 を詳細に説明する。

【 0023 】

第 1 因子グラフ処理部 16 におけるユークリッド因子ノード処理部 40 は、TDOA サンプル測定部 14 から TDOA を受けつける。ユークリッド因子ノード処理部 40 は、TDOA に電磁波の伝搬速度を乗算することによって、サンプルの TDOA をユークリッド距離の差に変換する。特に、ユークリッド因子ノード処理部 40 の $E_{i,j}$ は、K 個の TDOA をユークリッド距離の差に変換し、平均値と分散値を計算する。これらは、因子グラフにおいて交換されるメッセージである。

【 0024 】

ユークリッド変数ノード処理部 42 には、2 つの因子ノードだけが直接接続される。ユークリッド変数ノード処理部 42 は、ユークリッド因子ノード処理部 40 の $E_{i,j}$ からユークリッド距離推定因子ノード処理部 44 の $D_{i,j}$ へのメッセージを直接通過させる。このメッセージは、式 (3) のような平均値と、式 (4) のような分散値の形式で示される。

10

【 数 3 】

$$m_{d_{i,j} \rightarrow D_{i,j}} = m_{E_{i,j} \rightarrow d_{i,j}} \quad \dots(3)$$

$$\sigma_{d_{i,j} \rightarrow D_{i,j}}^2 = \sigma_{E_{i,j} \rightarrow d_{i,j}}^2 \quad \dots(4)$$

20

ここで、「m」が「平均値」を示し、「 σ^2 」が「分散値」を示し、矢印は、因子グラフのノード間におけるメッセージの進む方向を示す。

【 0025 】

ユークリッド距離推定因子ノード処理部 44 の $D_{i,j}$ は、次のようにユークリッド距離の差を等価なユークリッド距離に変換する。

【 数 4 】

$$m_{D_{i,j} \rightarrow r_i} = m_{d_{i,j} \rightarrow D_{i,j}} + m_{r_j \rightarrow D_{i,j}} \quad \dots(5)$$

30

$$m_{D_{i,j} \rightarrow r_j} = -m_{d_{i,j} \rightarrow D_{i,j}} + m_{r_i \rightarrow D_{i,j}} \quad \dots(6)$$

$$\sigma_{D_{i,j} \rightarrow r_i}^2 = \sigma_{d_{i,j} \rightarrow D_{i,j}}^2 + \sigma_{r_j \rightarrow D_{i,j}}^2 \quad \dots(7)$$

$$\sigma_{D_{i,j} \rightarrow r_j}^2 = \sigma_{d_{i,j} \rightarrow D_{i,j}}^2 + \sigma_{r_i \rightarrow D_{i,j}}^2 \quad \dots(8)$$

40

【 0026 】

サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部 46 の r_h は、サムプロダクトアルゴリズムによって、ユークリッド距離推定因子ノード処理部 44 の $D_{i,j}$ とピタゴラス因子ノード処理部 48 の C_h からのメッセージを更新する。添え字 h は 1 つ目あるいは 2 つ目のセンサ 10 のいずれかにかかわらないインデックスを示す。また、サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部 46 は、更新したメッセージを目的地ノードに進める。

【 0027 】

サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部 46 の下り処理部 60 における r_h からピタゴラス因子ノード処理部 48 の C_h への更新メッセージは式 (9) と式 (10) のように示される。一方、サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部 46 の上り処理部 62 における r_h からユークリッド距離推定因子ノード処理部 44 の $D_{i,j}$ への更新メッ

50

セージは式(11)と式(12)のように示される。しかしながら、このステップでの最初の繰り返しは、ピタゴラス因子ノード処理部48の C_h からのメッセージを示す平均値と分散値の初期値を必要とする。

【数5】

$$\frac{1}{\sigma_{r_h \rightarrow C_h}^2} = \sum_{n=1, n \neq h}^N \frac{1}{\sigma_a^2} \quad \dots(9)$$

$$m_{r_h \rightarrow C_h} = \sigma_{r_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \left(\sum_{n=1, n \neq h}^N \frac{m_a}{\sigma_a^2} \right) \quad \dots(10)$$

$$\frac{1}{\sigma_{r_h \rightarrow D_{i,j}}^2} = \left(\sum_{n=1, n \neq i, n \neq j}^N \frac{1}{\sigma_a^2} \right) + \frac{1}{\sigma_{C_h \rightarrow r_h}^2} \quad \dots(11)$$

$$m_{r_h \rightarrow D_{i,j}} = \sigma_{r_h \rightarrow D_{i,j}}^2 \cdot \left(\left(\sum_{n=1, n \neq i, n \neq j}^N \frac{m_a}{\sigma_a^2} \right) + \frac{m_{C_h \rightarrow r_h}}{\sigma_{C_h \rightarrow r_h}^2} \right) \quad \dots(12)$$

ここで、 h は、 $h = i$ であるか $h = j$ である。また、 $h < n$ に対して $a = D_{h, n} r_h$ であり、 $h > n$ に対して $a = D_{n, h} r_h$ である。ノード r_h と $D_{i, j}$ との間のメッセージの交換は、タイムスタンプの知識の必要性を除去するための重要なステップである。

【0028】

ピタゴラス因子ノード処理部48の C_h は、メッセージにピタゴラス演算を実行する。ピタゴラス因子ノード処理部48の下り処理部64は、式(13)から式(16)で示されるように、変数ノード x_h と y_h の相対的な距離のメッセージを導出する。ピタゴラス因子ノード処理部48の上り処理部66は、式(17)と式(18)で示されるように r_h のメッセージを置き換える。

10

20

30

【数 6】

$$m_{C_h \rightarrow \Delta x_h} = \pm \sqrt{m_{r_h \rightarrow C_h}^2 - m_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2} \quad \dots(13)$$

$$\sigma_{C_h \rightarrow \Delta x_h}^2 = \frac{m_{r_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \sigma_{r_h \rightarrow C_h}^2 + m_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \sigma_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2}{m_{r_h \rightarrow C_h}^2 - m_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2} \quad \dots(14)$$

10

$$m_{C_h \rightarrow \Delta y_h} = \pm \sqrt{m_{r_h \rightarrow C_h}^2 - m_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2} \quad \dots(15)$$

$$\sigma_{C_h \rightarrow \Delta y_h}^2 = \frac{m_{r_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \sigma_{r_h \rightarrow C_h}^2 + m_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \sigma_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2}{m_{r_h \rightarrow C_h}^2 - m_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2} \quad \dots(16)$$

20

$$m_{C_h \rightarrow r_h} = \sqrt{m_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2 + m_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2} \quad \dots(17)$$

$$\sigma_{C_h \rightarrow r_h}^2 = \frac{m_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \sigma_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2 + m_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2 \cdot \sigma_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2}{m_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2 + m_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2} \quad \dots(18)$$

30

ここで、 $m_{x_h \rightarrow C_h}^2$ 、 $m_{y_h \rightarrow C_h}^2$ 、 $\sigma_{x_h \rightarrow C_h}^2$ 、 $\sigma_{y_h \rightarrow C_h}^2$ の初期値は、最初の繰り返しにおいて「0」に設定される。

【0029】

さらに、ピタゴラス因子ノード処理部48の C_h において交換されたメッセージの安定性を維持するために、下り処理部64は、次の制限を加える。

【数 7】

$$\begin{aligned} & \text{if } m_{r_h \rightarrow C_h} < \epsilon \\ & \quad m_{r_h \rightarrow C_h} = \epsilon \\ & \text{end} \end{aligned}$$

40

ここで、 ϵ は限定目的のパラメータであり、経験的に選択される。また、上り処理部66は、次の2つの制限を加える。

【数 8】

$$\begin{aligned}
 & \text{if} \quad m_{r_h \rightarrow C_h}^2 - m_a^2 < 0 \\
 & \quad m_a^2 = \text{sign}(m_a) \times (\text{abs}(m_{r_h \rightarrow C_h}^2) - \delta) \\
 & \text{end}
 \end{aligned}$$

【数 9】

$$\begin{aligned}
 & \text{if} \quad \sigma_{C \rightarrow r}^2 > \max(\sigma_{D \rightarrow r}^2) \\
 & \quad \sigma_{C \rightarrow r}^2 = \max(\sigma_{D \rightarrow r}^2) \\
 & \text{end}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

ここで、 δ も限定目的のパラメータであり、経験的に選択される。

【0030】

ピタゴラス変数ノード処理部50は、ユークリッド変数ノード処理部42と同様に、相対的な距離のノード x_i と y_i に直接つながる2つのノードだけが存在するので、メッセージはそれらの間で直接交換される。つまり、ピタゴラス因子ノード処理部48の C_h と変換因子ノード処理部52の A_h と B_h との間で交換される。ピタゴラス変数ノード処理部50の下り処理部68の処理は、式(19)と式(20)に示され、上り処理部70の処理は、式(21)と式(22)に示される。

【数10】

$$m_{\Delta x_h \rightarrow A_h} = m_{C_h \rightarrow \Delta x_h} \tag{19}$$

$$m_{\Delta y_h \rightarrow B_h} = m_{C_h \rightarrow \Delta y_h}$$

$$\sigma_{\Delta x_h \rightarrow A_h}^2 = \sigma_{C_h \rightarrow \Delta x_h}^2 \tag{20}$$

$$\sigma_{\Delta y_h \rightarrow B_h}^2 = \sigma_{C_h \rightarrow \Delta y_h}^2$$

$$m_{\Delta x_h \rightarrow C_h} = m_{A_h \rightarrow \Delta x_h} \tag{21}$$

$$m_{\Delta y_h \rightarrow C_h} = m_{B_h \rightarrow \Delta y_h}$$

$$\sigma_{\Delta x_h \rightarrow C_h}^2 = \sigma_{A_h \rightarrow \Delta x_h}^2 \tag{22}$$

$$\sigma_{\Delta y_h \rightarrow C_h}^2 = \sigma_{B_h \rightarrow \Delta y_h}^2$$

ここで、平均値と分散値は、最初の繰り返しにおいて、初期値「0」にされる。

【0031】

変換因子ノード処理部52の A_h と B_h は、変数ノード x_{init} と y_{init} で計算されるターゲットの位置を推定するために、相対的な距離のメッセージを変換する。変換因子ノード処理部52の下り処理部72の処理は、式(23)と式(24)に示され、上り処理部74の処理は、式(25)と式(26)に示される。

【数 1 1】

$$\begin{aligned} m_{A_h \rightarrow x_{init}} &= X_h - m_{\Delta x_h \rightarrow A_h} \\ m_{B_h \rightarrow y_{init}} &= Y_h - m_{\Delta y_h \rightarrow B_h} \end{aligned} \quad \dots(23)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{A_h \rightarrow x_{init}}^2 &= \sigma_{\Delta x_h \rightarrow A_h}^2 \\ \sigma_{B_h \rightarrow y_{init}}^2 &= \sigma_{\Delta y_h \rightarrow B_h}^2 \end{aligned} \quad \dots(24)$$

$$\begin{aligned} m_{A_h \rightarrow \Delta x_h} &= X_h - m_{x_{init} \rightarrow A_h} \\ m_{B_h \rightarrow \Delta y_h} &= Y_h - m_{y_{init} \rightarrow B_h} \end{aligned} \quad \dots(25)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{A_h \rightarrow \Delta x_h}^2 &= \sigma_{x_{init} \rightarrow A_h}^2 \\ \sigma_{B_h \rightarrow \Delta y_h}^2 &= \sigma_{y_{init} \rightarrow B_h}^2 \end{aligned} \quad \dots(26)$$

【0032】

サムプロダクトアルゴリズム処理部54は、繰り返し処理において、変数ノード x_{init} と y_{init} に対して、式(27)と式(28)に示されるサムプロダクトアルゴリズムにしたがってメッセージを加算する。

【数 1 2】

$$\frac{1}{\sigma_{x_{init} \rightarrow A_h}^2} = \sum_{n=1, n \neq h}^N \frac{1}{\sigma_{A_n \rightarrow x_{init}}^2} \quad \dots(27)$$

$$m_{x_{init} \rightarrow A_h} = \sigma_{x_{init} \rightarrow A_n}^2 \cdot \sum_{n=1, n \neq h}^N \frac{m_{A_n \rightarrow x_{init}}}{\sigma_{A_n \rightarrow x_{init}}^2} \quad \dots(28)$$

x_{init} に対する式(27)と式(28)は、 y_{init} にも同様に適用される。

【0033】

判定部56は、変換因子ノード処理部52の処理結果が収束しているかを判定する。ここでは、式(27)の計算結果、式(28)の計算結果と、それまでに導出されていた式(27)の計算結果、式(28)の計算結果との変化量がしきい値よりも小さくなった場合に、収束と判定される。なお、収束の判定は y_{init} に対してもなされるとともに、平均値と分散値のいずれか一方をもとになされてもよい。収束していなければ、判定部56は、サムプロダクトアルゴリズム処理部54の処理結果を変換因子ノード処理部52の上り処理部74の A_h と B_h に戻す。

【0034】

出力部58では、判定部56において繰り返し収束したと判定された場合、変数ノード x_{init} と y_{init} が、式(27)と式(28)と同様にすべての入ってくるメッセージを加算する。

10

20

30

40

【数 1 3】

$$\frac{1}{\sigma_{x_{init}}^2} = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_n \rightarrow x_{init}}^2} \quad \dots(29)$$

$$m_{x_{init}} = \sigma_{x_{init} \rightarrow A_n}^2 \cdot \sum_{n=1}^N \frac{m_{A_n \rightarrow x_{init}}}{\sigma_{A_n \rightarrow x_{init}}^2} \quad \dots(30)$$

10

y_{init} に対する演算は、式(29)と式(30)と同様である。($m_{x_{init}}$, $m_{y_{init}}$) の最終的な値は、PTDOA 因子グラフで提供されるターゲットの荒い位置推定値を示し、前述の第 1 推定値に相当する。

【0035】

特定部 18 は、第 1 因子グラフ処理部 16 において導出した第 1 推定値の近くに配置された 4 つのセンサ 10 を観測スポットとして特定する。つまり、変数ノード (x_{init} , y_{init}) での PTDOA 因子グラフ推定アルゴリズムの結果は、DRSS 因子グラフの初期位置として使用され、4 つの最も適切な観測スポットを選択するためのターゲットの位置の粗い推定になる。

20

【0036】

第 2 取得部 12 b は、既知の送信装置からのトレーニング信号が複数のセンサ 10 のそれぞれにおいて受信されており、各センサ 10 でのサンプルの RSS を取得する。既知の送信装置は、既知の位置座標に配置される。第 2 取得部 12 b は、サンプルの RSS に対して平均化処理を実行する。平均化の期間は、十分に長く、かつ十分なサンプルの量になるように設定される。これは、シャドウイングと瞬間的なフェージングの影響を低減することによって、パスロスフェージングだけが残り、エラーフリーにするためである。第 2 取得部 12 b は、平均化したサンプルの RSS を選択部 20 に出力する。選択部 20 は、第 2 取得部 12 b において取得した RSS のうち、特定部 18 において特定した 4 つのセンサ 10、つまり観測スポットに対する RSS を選択する。

30

【0037】

これまでの RTDOA 因子グラフの処理に続いて、DRSS 因子グラフの処理が実行される。DRSS 因子グラフでは、ターゲット (x , y) の位置推定が、受信信号の電力と PDP との関係を通じて得られる。ここで、受信信号の電力はセンサ 10 および第 1 取得部 12 a で得られ、PDP は前述のトレーニング信号から得られる。また、第 2 取得部 12 b において、観測スポットにおいて受信したトレーニング信号には平均がなされる。トレーニング信号とターゲットからの信号の RSS を含むすべての RSS サンプルはガウスの仮定にしたがう。そのため、これは、十分に長い平均だけによるパスロスモデルによってモデル化される。前述のごとく、十分に長い平均によって、瞬間のフェージング変動とシャドウイングが除外されるからである。その結果は、次のように示される。

40

【数 1 4】

$$P_h(d) = 20 \log \left(\frac{4\pi d_0 f_c}{c} \right) + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad \dots(31)$$

【0038】

ここで、P はパスロスのべき指数を示し、dB を単位とする。d、 d_0 、 f_c 、f、n は、ターゲットあるいは観測スポットから h 番目のセンサ 10 までのユークリッド距離 (メートル単位)、パスロス指数モデルの参照距離 (メートル単位)、キャリアの周波数 (

50

H z 単位)、光の速度 (m / s)、パスロスのべき指数の係数をそれぞれ示す。

【 0 0 3 9 】

第 1 取得部 1 2 a は、各センサ 1 0 において受信された信号であって、かつターゲットから送信された信号をもとに、サンプルの R S S を取得する。第 1 取得部 1 2 a は、瞬間的なフェージング変動とシャドウイングを除去するために、サンプルの R S S を十分長い期間で平均化する。そのため、サンプルの R S S は、多くの独立した要因が集められることによって、測定エラーは、「 0 」を含まないガウスノイズでモデル化されるので、パスロス指数関数モデルで表現される。

【 0 0 4 0 】

第 2 因子グラフ処理部 2 4 は、第 1 取得部 1 2 a において取得したサンプルの R S S からセンサ 1 0 間のサンプルの D R S S を導出し、D R S S ベースの因子グラフ処理を実行することによって、無線装置の位置座標の第 2 推定値を導出する。なお、D R S S ベースの因子グラフ処理を実行する際に、D R S S と、係数計算部 2 2 において計算した係数とを使用するが、係数計算部 2 2 において計算した係数については後述する。以下では、第 2 因子グラフ処理部 2 4 を詳細に説明する。

【 0 0 4 1 】

第 2 因子グラフ処理部 2 4 の R S S 因子ノード処理部 8 0 の $H_{p,h}$ は、R S S サンプルをワット単位から d B 単位に変換する。R S S 変数ノード処理部 8 2 の $N_{p,h}$ は、R S S 因子ノード処理部 8 0 の $H_{p,h}$ から D R S S 因子ノード処理部 8 4 の $G_{p,i,j}$ にメッセージを送る。

【 数 1 5 】

$$P_{N_{P_{\ell,h}} \rightarrow G_{P_{\ell,i,j}}} = P_{H_{\ell,h} \rightarrow N_{\ell,h}} \quad \dots(32)$$

【 0 0 4 2 】

D R S S 因子ノード処理部 8 4 の $G_{p,i,j}$ は、2 つのセンサ 1 0 間において R S S サンプルを減算し、次のように、D R S S サンプルを得る。

【 数 1 6 】

$$\hat{P}_{i,j} = \hat{P}_i - \hat{P}_j \quad \dots(33)$$

これは、次のように示してもよい。

【 数 1 7 】

$$P_{G_{P_{\ell,i,j}} \rightarrow N_{P_{\ell,i,j}}} = P_{N_{P_{\ell,j}} \rightarrow G_{P_{\ell,i,j}}} - P_{N_{P_{\ell,j}} \rightarrow G_{P_{\ell,i,j}}} \quad \dots(34)$$

D R S S 因子ノード処理部 8 4 は、D R S S 変数ノード処理部 8 6 の $F_{p,i,j}$ での繰り返し処理への D R S S 入力メッセージとして使用するために次のような平均値と分散値を計算する。ここで、平均値と分散値は、測定値誤差がガウス分布にしたがうと想定されることによって導出される。

【 数 1 8 】

$$m_{G_{P_{i,j}} \rightarrow N_{P_{i,j}}}, \sigma_{G_{P_{i,j}} \rightarrow N_{P_{i,j}}}^2 \quad \dots(35)$$

【 0 0 4 3 】

D R S S 変数ノード処理部 8 6 の $N_{p_i, j}$ は、次のように、D R S S 因子ノード処理部 8 4 の $G_{p_i, j}$ からのメッセージを線形平面因子ノード処理部 8 8 の $F_{p_i, j}$ に直接渡す。

【 数 1 9 】

$$\begin{aligned} m_{N_{P_{i,j}} \rightarrow F_{P_{i,j}}} &= m_{G_{P_{i,j}} \rightarrow N_{P_{i,j}}} \\ \sigma_{N_{P_{i,j}} \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2 &= \sigma_{G_{P_{i,j}} \rightarrow N_{P_{i,j}}}^2 \end{aligned} \quad \dots(36)$$

10

【 0 0 4 4 】

係数計算部 2 2 は、選択部 2 0 において選択した R S S をもとに、係数を計算する。具体的に説明すると、係数計算部 2 2 は、次のように、4 つの適切な観測スポットから送られたトレーニング信号の R S S からセンサ 1 0 間のサンプルの D R S S を導出する。

【 数 2 0 】

$$P_{m,i,j} = P_{m,i} - P_{m,j} \quad \dots(37)$$

20

係数計算部 2 2 は、4 つの適切な観測スポットから送られたトレーニング信号をもとに、線形平面最小 2 乗 (L S) 方程式を解くことによって P D P を生成する。線形平面最小 2 乗 (L S) 方程式は次のように示される。

【 数 2 1 】

$$a_{x,i,j} x + a_{y,i,j} y + a_{P,i,j} P = c \quad \dots(38)$$

ここで、 $a_{x,i,j}$ 、 $a_{y,i,j}$ 、 $a_{P,i,j}$ は、平面方程式の係数である。x と y はターゲットの位置を示す。

30

【 0 0 4 5 】

また、係数のベクトル a、観測スポットの座標と D R S S の行列 B、定数の行列 C は、次のように示される。

【 数 2 2 】

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_{x,i,j} \\ a_{y,i,j} \\ a_{P,i,j} \end{bmatrix}, \mathbf{B} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & P_{1,i,j} \\ X_2 & Y_2 & P_{2,i,j} \\ X_3 & Y_3 & P_{3,i,j} \\ X_4 & Y_4 & P_{4,i,j} \end{bmatrix}, \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots(39)$$

40

その結果、L S 解は次のように示される。

【 数 2 3 】

$$\mathbf{a} = (\mathbf{B}^T \cdot \mathbf{B})^{-1} \cdot \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{C} \quad \dots(40)$$

その結果、係数計算部 2 2 において導出される係数は次の通りである。

【数 2 4】

$$\begin{aligned}
 \alpha_{x_{i,j}} &= c/a_{x_{i,j}} & \alpha_{y_{i,j}} &= c/a_{y_{i,j}} \\
 \beta_{x_{i,j}} &= -a_{y_{i,j}}/a_{x_{i,j}} & \beta_{y_{i,j}} &= -a_{x_{i,j}}/a_{y_{i,j}} \quad \dots(41) \\
 \gamma_{x_{i,j}} &= -a_{P_{i,j}}/a_{x_{i,j}} & \gamma_{y_{i,j}} &= -a_{P_{i,j}}/a_{y_{i,j}}
 \end{aligned}$$

【0046】

線形平面因子ノード処理部 88 の $F_{p_{i,j}}$ は、ターゲットの位置を近似するために線形平面を生成する。線形平面因子ノード処理部 88 は、DRSS 変数ノード処理部 86 から平均値と分散値とを入力するとともに、係数計算部 22 から係数も入力する。線形平面因子ノード処理部 88 は、入力した平均値、分散値、係数をもとに、無線装置の位置座標 x 、 y の平均値と分散値とを次のように導出する。

【数 2 5】

$$m_{F_{P_{i,j}} \rightarrow x} = \alpha_{x_{i,j}} + \beta_{x_{i,j}} \cdot m_{y_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}} + \gamma_{x_{i,j}} \cdot m_{P_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}} \quad \dots(42)$$

$$m_{F_{P_{i,j}} \rightarrow y} = \alpha_{y_{i,j}} + \beta_{y_{i,j}} \cdot m_{x_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}} + \gamma_{y_{i,j}} \cdot m_{P_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}} \quad \dots(43)$$

$$\sigma_{F_{P_{i,j}} \rightarrow x}^2 = \beta_{x_{i,j}}^2 \cdot \sigma_{y_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2 + \gamma_{x_{i,j}}^2 \cdot m_{P_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2 \quad \dots(44)$$

$$\sigma_{F_{P_{i,j}} \rightarrow y}^2 = \beta_{y_{i,j}}^2 \cdot \sigma_{x_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2 + \gamma_{y_{i,j}}^2 \cdot m_{P_{i,j} \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2 \quad \dots(45)$$

【0047】

さらに、線形平面因子ノード処理部 88 は、導出した平均値と分散値とに対してサムプロダクトアルゴリズムを実行する。

【数 2 6】

$$\frac{1}{\sigma_{x \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2} = \sum_{\substack{m=1, n=2 \\ m \neq i, n \neq j \\ m \neq n}}^{N-1, N} \frac{1}{\sigma_{F_{P_{m,n}} \rightarrow x}^2} \quad \dots(46)$$

$$m_{x \rightarrow F_{P_{i,j}}} = \sigma_{x \rightarrow F_{P_{i,j}}}^2 \cdot \sum_{\substack{m=1, n=2 \\ m \neq i, n \neq j \\ m \neq n}}^N \frac{m_{F_{P_{m,n}} \rightarrow x}}{\sigma_{F_{P_{m,n}} \rightarrow x}^2} \quad \dots(47)$$

式(46)、式(47)は、 x に対するサムプロダクトアルゴリズムを示すが、 y に対するサムプロダクトアルゴリズムも同様に示される。線形平面因子ノード処理部 88 は、

サムプロダクトアルゴリズムの実行結果のメッセージが収束するまで、処理を繰り返し実行する。収束についての条件は前述の通りであるので、ここでは説明を省略する。

【0048】

出力部90は、線形平面因子ノード処理部88において収束した平均値と分散値とを入力する。出力部90は、入力した平均値と分散値とに対してサムプロダクトアルゴリズムを実行する。

【数27】

$$\frac{1}{\sigma_x^2} = \sum_{\substack{i=1, j=2 \\ i \neq j}}^{N-1, N} \frac{1}{\sigma_{FP_{i,j}}^2 \rightarrow x} \quad \dots(48) \quad 10$$

$$m_x = \sigma_x^2 \cdot \sum_{\substack{i=1, j=2 \\ i \neq j}}^{N-1, N} \frac{m_{FP_{i,j}} \rightarrow x}{\sigma_{FP_{i,j}}^2 \rightarrow x} \quad \dots(49)$$

式(48)、式(49)は、xに対するサムプロダクトアルゴリズムを示すが、yに対するサムプロダクトアルゴリズムも同様に示される。繰り返し回数が終了しなければ、線形平面因子ノード処理部88に戻される。繰り返し回数が終了した場合、平均値が、ターゲットの位置(x, y)とされる。このターゲットの位置が第2推定値に相当する。

【0049】

この構成は、ハードウェア的には、任意のコンピュータのCPU、メモリ、その他のLSIで実現でき、ソフトウェア的にはメモリにロードされたプログラムなどによって実現されるが、ここではそれらの連携によって実現される機能ブロックを描いている。したがって、これらの機能ブロックがハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、またはそれらの組合せによっていろいろな形で実現できることは、当業者には理解されることである。

【0050】

以上の構成による推定装置100の動作を説明する。図2は、推定装置100によるPTDOAベースの因子グラフ処理の手順を示すフローチャートである。式(1)、式(2)が実行される(S10)。式(3)、式(4)が実行される(S12)。式(5)~式(8)が実行される(S14)。第1因子グラフ処理部16は下り処理を実行する(S16)。収束していれば(S18のY)、式(29)、式(30)が実行される(S20)。繰り返し終了すれば(S22のY)、第1推定値が出力される(S26)。収束していない場合(S18のN)、あるいは繰り返し終了していない場合(S22のN)、第1因子グラフ処理部16は上り処理を実行する(S24)。ステップ14に戻る。

【0051】

図3は、推定装置100による下り処理の手順を示すフローチャートである。式(9)、式(10)が実行される(S50)。 $m_{r_h} < c_h$ でなければ(S52のN)、式(13)~式(16)が実行される(S56)。 $m_{r_h} < c_h$ であれば(S52のY)、 $m_{r_h} = c_h$ とされ(S54)、式(13)~式(16)が実行される(S56)。式(19)、式(20)が実行される(S58)。式(23)、式(24)が実行される(S60)。式(27)、式(28)が実行される(S62)。

【0052】

図4は、推定装置100による上り処理の手順を示すフローチャートである。式(25)、式(26)が実行される(S100)。式(21)、式(22)が実行される(S102)。 $m_{r_h}^2 - m_{x_h} < 0$ である場合(S104のY)、 $m_{x_h} = \text{sign}(m_{x_h}) \times (\text{abs}(m_{r_h}^2 - m_{x_h}))$ とされる(S106)。

06)。これは y に対してもなされる。 $m^2 r_h c_h - m x_h c_h < 0$ でない場合(S104のN)、ステップ106がスキップされる。式(17)、式(18)が実行される(S108)。 $c_h r_h > \max(c_h^2, D_h r_h)$ である場合(S110のY)、 $c_h r_h = \max(c_h^2, D_h r_h)$ とされる(S112)。 $c_h r_h > \max(c_h^2, D_h r_h)$ でない場合(S110のN)、ステップ112がスキップされる。式(11)、式(12)が実行される(S114)。観測スポットが特定される(S116)。

【0053】

図5は、推定装置100による計算処理の手順を示すフローチャートである。式(37)が実行される(S150)。式(38)、式(39)が実行される(S152)。式(40)が実行される(S154)。式(41)が実行される(S156)。

10

【0054】

図6は、推定装置100によるDRSSベースの因子グラフ処理の手順を示すフローチャートである。式(32)が実行される(S200)。式(33)~式(35)が実行される(S202)。式(36)が実行される(S204)。式(42)~式(45)が実行される(S206)。式(46)、式(47)が実行される(S208)。収束していれば(S210のY)、式(48)、式(49)が実行される(S212)。繰り返しが終了すれば(S214のY)、第2推定値が出力される(S216)。収束していない場合(S210のN)、あるいは繰り返しが終了していない場合(S214のN)、ステップ206に戻る。

20

【0055】

本発明の実施例によれば、PTDOAを使用するので、タイムスタンプの知識を不要にできる。また、PTDOAを実行するので、ターゲットの位置を粗く推定できる。また、ターゲットの位置が粗く推定されるので、複数のセンサから、4つの観測スポットを選択できる。また、ターゲットを囲むような4つの観測スポットが選択されるので、DRSSを実行できる。また、各センサでのサンプルのRSSをもとに、センサ間のサンプルのDRSSを導出して処理を実行するので、相対的な値を使用できる。また、相対的な使用するので、絶対的な送信電力の情報を不要にできる。また、絶対的な送信電力の情報が不要になるので、送信電力の情報がなくても、RSSをベースにして送信元になるターゲットの位置を推定できる。また、送信元になるターゲットの位置が推定されるので、不法無線局や未知発信源を探索できる。

30

【0056】

以上、本発明を実施例をもとに説明した。この実施例は例示であり、それらの各構成要素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。

【0057】

本実施例において、特定部18は4つのセンサ10を観測スポットとして特定している。しかしながらこれに限らず例えば、特定部18は、4つ以上のセンサ10を観測スポットとして特定してもよい。本変形例によれば、推定精度を向上できる。

【符号の説明】

40

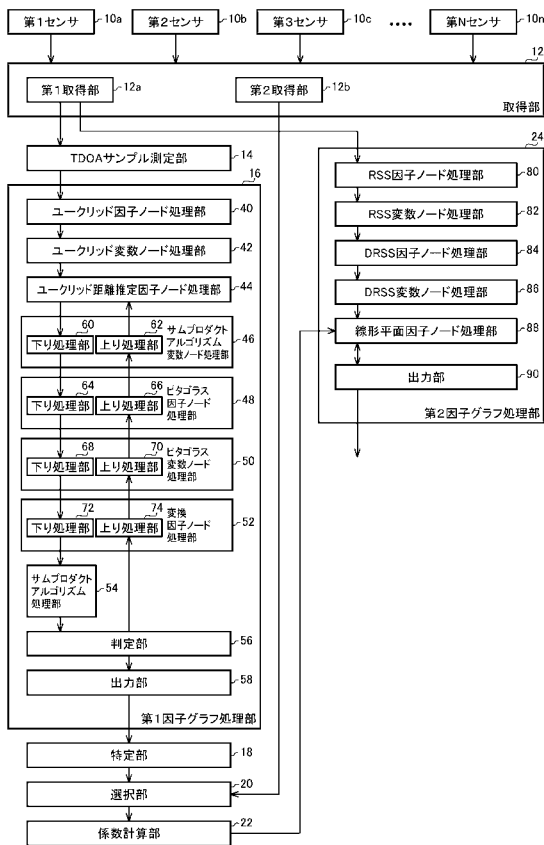
【0058】

10 センサ、 12 取得部、 14 TD OA サンプル測定部、 16 第1因子グラフ処理部、 18 特定部、 20 選択部、 22 係数計算部、 24 第2因子グラフ処理部、 40 ユークリッド因子ノード処理部、 42 ユークリッド変数ノード処理部、 44 ユークリッド距離推定因子ノード処理部、 46 サムプロダクトアルゴリズム変数ノード処理部、 48 ピタゴラス因子ノード処理部、 50 ピタゴラス変数ノード処理部、 52 変換因子ノード処理部、 54 サムプロダクトアルゴリズム処理部、 56 判定部、 58 出力部、 60 下り処理部、 62 上り処理部、 64 下り処理部、 66 上り処理部、 68 下り処理部、 70 上り処理部、 72 下り処理部、 74 上り処理部、 80 RSS 因子ノード処理部、

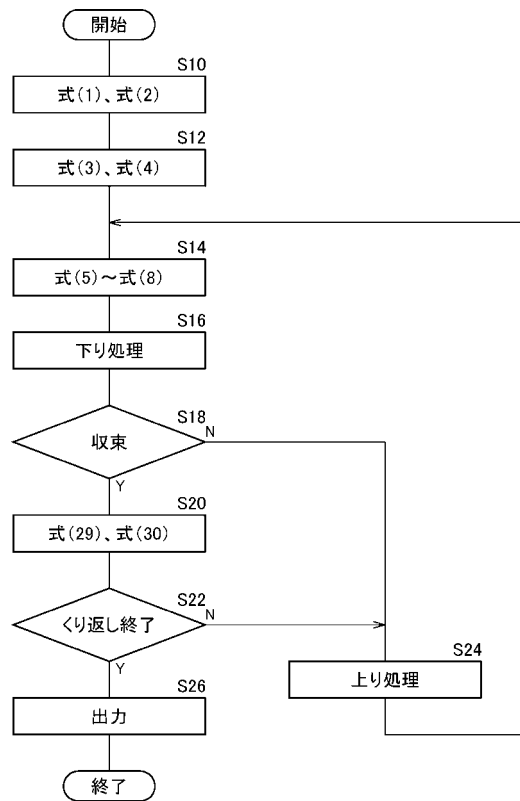
50

82 RSS変数ノード処理部、 84 DRSS因子ノード処理部、 86 DRSS変数ノード処理部、 88 線形平面因子ノード処理部、 90 出力部、 100 推定装置。

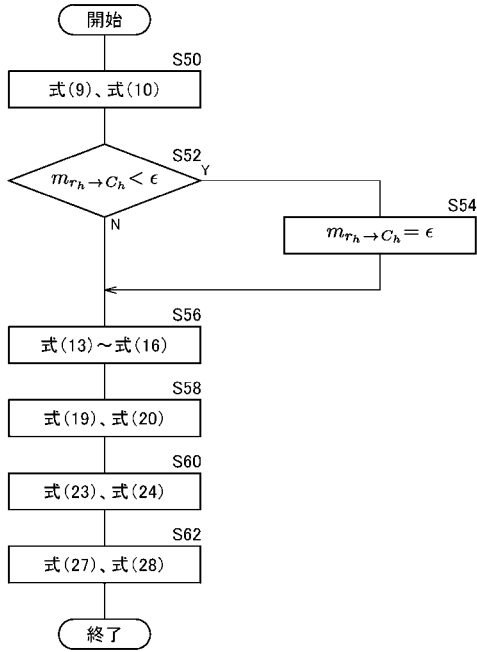
【 図 1 】



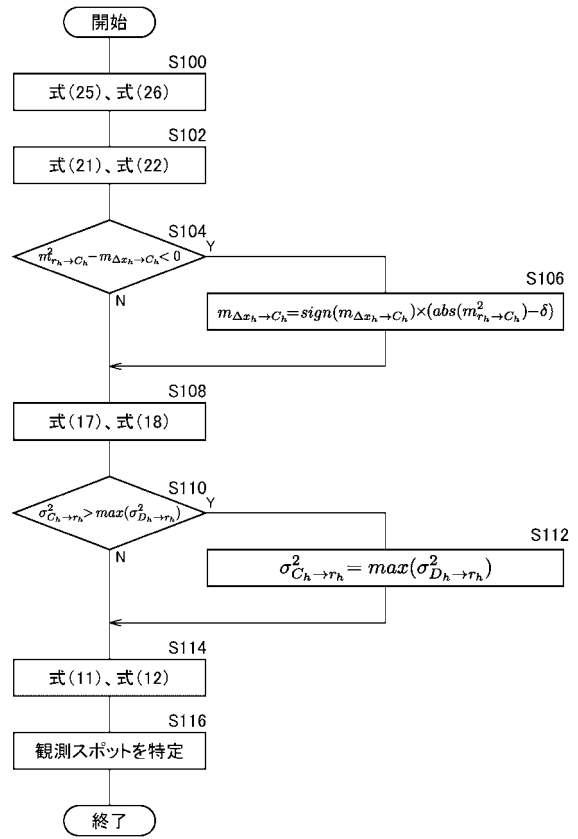
【 図 2 】



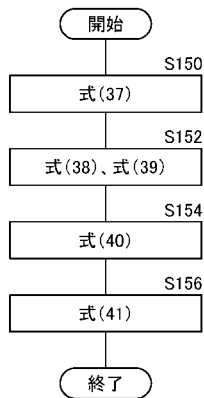
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

