

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6396765号
(P6396765)

(45) 発行日 平成30年9月26日(2018.9.26)

(24) 登録日 平成30年9月7日(2018.9.7)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 S 5/06 (2006.01) GO 1 S 5/06
GO 1 S 5/02 (2010.01) GO 1 S 5/02 Z

請求項の数 5 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-227152 (P2014-227152) (22) 出願日 平成26年11月7日(2014.11.7) (65) 公開番号 特開2016-90471 (P2016-90471A) (43) 公開日 平成28年5月23日(2016.5.23) 審査請求日 平成29年10月5日(2017.10.5)</p>	<p>(73) 特許権者 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 ムハンマド レザ カハル アジズ 石川県能美市旭台1-8 5-305 (72) 発明者 コイルー アンワル 石川県能美市旭台1-50 B31 (72) 発明者 松本 正 石川県能美市旭台1-50 E45 審査官 大▲瀬▼ 裕久</p>
---	--

最終頁に続く

(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) 【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、異なるセンサ間の受信時間差を取得する取得部と、

前記取得部において取得した受信時間差をもとに、測定値誤差がガウス分布に従うと想定しながら、TDOA (Time Difference Of Arrival) における距離の平均値と分散値とを導出する第1因子ノード処理部と、

TDOAにおける距離の平均値と分散値から、TOA (Time Of Arrival) における距離の平均値と分散値への変換を実行する第2因子ノード処理部と、

TOAにおける距離の平均値と分散値とに対してサンプロダクトアルゴリズムを実行する第1変数ノード処理部と、

TOAにおける距離の平均値と分散値と、センサからの位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第3因子ノード処理部と、

センサからの位置座標の平均値と分散値と、無線装置の位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第4因子ノード処理部と、

無線装置の位置座標の平均値と分散値とに対してサンプロダクトアルゴリズムを実行する第2変数ノード処理部と、

前記第2因子ノード処理部、前記第1変数ノード処理部、前記第3因子ノード処理部、前記第4因子ノード処理部、前記第2変数ノード処理部の順番になされる処理と、当該順番とは逆の順番になされる処理とを繰返し実行させる制御部と、

10

20

前記制御部によって繰返し実行される処理の終了後、無線装置の位置座標の平均値を出力する出力部と、

を備えることを特徴とする推定装置。

【請求項 2】

前記第 1 変数ノード処理部から前記第 3 因子ノード処理部に、T O A における距離の平均値と分散値を渡す際に、T O A における距離の平均値が所定の値よりも小さければ、T O A における距離の平均値を所定の値に変更するゼロ値回避部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の推定装置。

【請求項 3】

前記第 4 因子ノード処理部から前記第 3 因子ノード処理部に、センサからの位置座標の平均値を渡す際に、センサからの位置座標の平均値の 2 乗値よりも、前記第 1 変数ノード処理部からの T O A における距離の平均値の 2 乗値が小さければ、前記第 1 変数ノード処理部からの T O A における距離の平均値をもとに、センサからの位置座標の平均値を変更する虚数値回避部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の推定装置。

【請求項 4】

前記第 3 因子ノード処理部から前記第 1 変数ノード処理部に、T O A における距離の分散値を渡す際に、T O A における距離の分散値が、前記第 2 因子ノード処理部からの T O A における距離の分散値の最小値よりも大きければ、T O A における距離の分散値を、前記第 2 因子ノード処理部からの T O A における距離の分散値の最小値に変更する無限大回避部をさらに備え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推定装置。

【請求項 5】

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、異なったセンサ間の受信時間差を取得する取得ステップと、

取得した受信時間差をもとに、測定値誤差がガウス分布に従うと想定しながら、T D O A (Time Difference Of Arrival) における距離の平均値と分散値とを導出する第 1 因子ノード処理ステップと、

T D O A における距離の平均値と分散値から、T O A (Time Of Arrival) における距離の平均値と分散値への変換を実行する第 2 因子ノード処理ステップと、

T O A における距離の平均値と分散値とに対してサンプロダクトアルゴリズムを実行する第 1 変数ノード処理ステップと、

T O A における距離の平均値と分散値と、センサからの位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第 3 因子ノード処理ステップと、

センサからの位置座標の平均値と分散値と、無線装置の位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第 4 因子ノード処理ステップと、

無線装置の位置座標の平均値と分散値とに対してサンプロダクトアルゴリズムを実行する第 2 変数ノード処理ステップと、

前記第 2 因子ノード処理ステップ、前記第 1 変数ノード処理ステップ、前記第 3 因子ノード処理ステップ、前記第 4 因子ノード処理ステップ、前記第 2 変数ノード処理ステップの順番になされる処理と、当該順番とは逆の順番になされる処理とが繰返し実行された後、無線装置の位置座標の平均値を出力するステップと、

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】

無線の位置推定は、近年の無線システムにおける重要な技術であり、それには、例えば、因子グラフが使用される。因子グラフでは、包括的な関数を因数分解した複数の局所的

10

20

30

40

50

な関数の間で、ガウス分布での平均値と分散値の形でメッセージが交換される。交換されるメッセージは、TOA (Time Of Arrival) によって生成される (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】 Jung - Chieh Chen , Yeong - Cheng Wang , Ching - Shyang Maa and Jiunn - Tsair Chen , 「Network - Side Mobile Position Location Using Factor Graphs」, IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, OCTOBER 2006, Vol. 5, NO. 10, p. 2696 - 2704

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

TOAをベースにした位置推定では、推定対象となる無線装置と、センサとの間の同期が必要となる。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、同期を確立することが困難である。一方、推定対象となる無線装置との同期を不要にし、かつセンサ間の同期だけを必要とするためには、TDOA (Time Difference Of Arrival) をベースにした位置推定が使用される。そこで、

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、位置推定精度を向上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、異なったセンサ間の受信時間差を取得する取得部と、取得部において取得した受信時間差をもとに、測定値誤差がガウス分布に従うと想定しながら、TDOA (Time Difference Of Arrival) における距離の平均値と分散値とを導出する第1因子ノード処理部と、TDOAにおける距離の平均値と分散値から、TOA (Time Of Arrival) における距離の平均値と分散値への変換を実行する第2因子ノード処理部と、TOAにおける距離の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第1変数ノード処理部と、TOAにおける距離の平均値と分散値と、センサからの位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第3因子ノード処理部と、センサからの位置座標の平均値と分散値と、無線装置の位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第4因子ノード処理部と、無線装置の位置座標の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第2変数ノード処理部と、第2因子ノード処理部、第1変数ノード処理部、第3因子ノード処理部、第4因子ノード処理部、第2変数ノード処理部の順番になされる処理と、当該順番とは逆の順番になされる処理とを繰返し実行させる制御部と、制御部によって繰返し実行される処理の終了後、無線装置の位置座標の平均値を出力する出力部と、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、異なったセンサ間の受信時間差を取得する取得ステップと、取得した受信時間差をもとに、測定値誤差がガウス分布に従うと想定しながら、TDOA (Time Difference Of Arrival) における距離の平均値と分散値とを導出する第1因子ノード処理ステップと、TDOAにおける距離の平均値と分散値から、TOA (Time Of Arrival) における距離

50

の平均値と分散値への変換を実行する第2因子ノード処理ステップと、T O Aにおける距離の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第1変数ノード処理ステップと、T O Aにおける距離の平均値と分散値と、センサからの位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第3因子ノード処理ステップと、センサからの位置座標の平均値と分散値と、無線装置の位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する第4因子ノード処理ステップと、無線装置の位置座標の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第2変数ノード処理ステップと、第2因子ノード処理ステップ、第1変数ノード処理ステップ、第3因子ノード処理ステップ、第4因子ノード処理ステップ、第2変数ノード処理ステップの順番になされる処理と、当該順番とは逆の順番になされる処理とが繰り返し実行された後、無線装置の位置座標の平均値を出力するステップと、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のももまた、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、位置推定精度を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

20

【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の推定装置による推定処理の手順を示すフローチャートである。

【図3】図2の下り方向処理の手順を示すフローチャートである。

【図4】図2の上り方向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。推定装置には、複数のセンサが接続される。TDOAでの測定値は、ふたつのセンサ間のT O Aの測定値の差分によって示される。ここでは、TDOAの測定値から同等のT O Aの測定値を導出する。その結果、T O Aベースの因子グラフの位置推定が、TDOAベースの因子グラフの位置推定に拡張される。

30

【0012】

図1は、本発明の実施例に係る推定装置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4センサ10d、取得部12、第1因子ノード処理部14、外部変数ノード処理部16、第2因子ノード処理部18、第1変数ノード処理部20、第3因子ノード処理部22、内部変数ノード処理部24、第4因子ノード処理部26、第2変数ノード処理部28、制御部30、出力部32を含む。また、第3因子ノード処理部22は、ゼロ値回避部34、虚数値回避部36を含み、第1変数ノード処理部20は、無限大回避部38を含む。ここでは、一例として、センサ10の数を「4」としているが、センサ10の数は「4」に限定されない。

40

【0013】

複数のセンサ10間ではタイミング同期が確立されている。タイミング同期には公知の技術が使用されればよいので、ここでは説明を省略する。各センサ10は、図示しない無線装置からの信号を受信し、信号を受信した受信時間を測定値として取得部12に出力する。取得部12は、各センサ10から、受信時間を取得する。取得部12は、異なったセンサ10間の受信時間差を計算する。例えば、第1センサ10aでの受信時間と第2センサ10bでの受信時間との間の受信時間差は、「 t_1, t_2 」と示される。センサ10の数が「4」である場合、6種類の受信時間差が取得部12によって取得可能である。

50

【0014】

第1因子ノード処理部14は、 $E_{1,2}$ ノード50、 $E_{1,3}$ ノード52、 $E_{1,4}$ ノード54、 $E_{2,3}$ ノード56、 $E_{2,4}$ ノード58、 $E_{3,4}$ ノード60を含む。 $E_{1,2}$ ノード50、 $E_{1,3}$ ノード52、 $E_{1,4}$ ノード54、 $E_{2,3}$ ノード56、 $E_{2,4}$ ノード58、 $E_{3,4}$ ノード60は、第1センサ10aと第2センサ10bとの間の受信時間差、第1センサ10aと第3センサ10cとの間の受信時間差、第1センサ10aと第4センサ10dとの間の受信時間差、第2センサ10bと第3センサ10cとの間の受信時間差、第2センサ10bと第4センサ10dとの間の受信時間差、第3センサ10cと第4センサ10dとの間の受信時間差をそれぞれ取得部12から受けつける。

【0015】

第1因子ノード処理部14に含まれた各ノードは、取得部12において取得した受信時間差をもとに、測定値誤差がガウス分布に従うと想定しながら、TDOAにおける距離の平均値と分散値とを導出する。なお、導出には公知の技術が使用されればよいので、ここでは説明を省略する。第1因子ノード処理部14は、導出した平均値と分散値とを外部変数ノード処理部16に出力する。

【0016】

外部変数ノード処理部16は、 $d_{1,2}$ ノード62、 $d_{1,3}$ ノード64、 $d_{1,4}$ ノード66、 $d_{2,3}$ ノード68、 $d_{2,4}$ ノード70、 $d_{3,4}$ ノード72を含む。 $d_{1,2}$ ノード62、 $d_{1,3}$ ノード64、 $d_{1,4}$ ノード66、 $d_{2,3}$ ノード68、 $d_{2,4}$ ノード70、 $d_{3,4}$ ノード72は、 $E_{1,2}$ ノード50、 $E_{1,3}$ ノード52、 $E_{1,4}$ ノード54、 $E_{2,3}$ ノード56、 $E_{2,4}$ ノード58、 $E_{3,4}$ ノード60にそれぞれ接続され、平均値と分散値とを受けつける。外部変数ノード処理部16は、受けつけた平均値と分散値とを第2因子ノード処理部18に出力する。 $d_{1,2}$ ノード62から $d_{3,4}$ ノード72のそれぞれにおける平均値と分散値は、次のように示される。

【数1】

$$m_{d_{i,j}}, \sigma_{d_{i,j}}^2 \dots \text{式(1)}$$

ここで、「 m 」が平均値を示し、「 σ^2 」が分散値を示す。また、添え字の「 $d_{i,j}$ 」は、 $d_{i,j}$ ノードを示す。

【0017】

第2因子ノード処理部18から第2変数ノード処理部28では、因子グラフでの繰返し処理がなされる。ここでは、各構成要件の処理の概要および接続関係を説明してから、繰返し処理の制御内容を説明し、最後に、各構成要件の処理の詳細を説明する。まず、各構成要件の処理の概要および接続関係を説明する。第2因子ノード処理部18は、一端側に外部変数ノード処理部16を接続し、他端側に第1変数ノード処理部20を接続する。第2因子ノード処理部18は、TDOAにおける距離の平均値と分散値から、TOAにおける距離の平均値と分散値への変換を実行する。第1変数ノード処理部20は、一端側に第2因子ノード処理部18を接続し、他端側に第3因子ノード処理部22を接続する。第1変数ノード処理部20は、TOAにおける距離の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。

【0018】

第3因子ノード処理部22は、一端側に第1変数ノード処理部20を接続し、他端側に内部変数ノード処理部24を接続する。第3因子ノード処理部22は、TOAにおける距離の平均値と分散値と、センサ10からの位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する。内部変数ノード処理部24は、一端側に第3因子ノード処理部22を接続し、他端側に第4因子ノード処理部26を接続する。内部変数ノード処理部24は、第3因子ノード処理部22と第4因子ノード処理部26との間で、センサ10からの位置座標の平均値と分散値を引き渡す。

【0019】

10

20

30

40

50

第4因子ノード処理部26は、一端側に内部変数ノード処理部24を接続し、他端側に第2変数ノード処理部28を接続する。第4因子ノード処理部26は、センサ10からの位置座標の平均値と分散値と、無線装置の位置座標の平均値と分散値との間の変換を実行する。第2変数ノード処理部28は、一端側に第4因子ノード処理部26を接続し、他端側に出力部32を接続する。第2変数ノード処理部28は、無線装置の位置座標の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。

【0020】

次に、繰返し処理の制御内容を説明する。繰返し処理では、第2因子ノード処理部18、第1変数ノード処理部20、第3因子ノード処理部22、内部変数ノード処理部24、第4因子ノード処理部26、第2変数ノード処理部28の順番になされる処理（以下、「下り方向処理」という）と、当該順番とは逆の順番、つまり第2変数ノード処理部28、第4因子ノード処理部26、内部変数ノード処理部24、第3因子ノード処理部22、第1変数ノード処理部20、第2因子ノード処理部18の順番になされる処理（以下、「上り方向処理」という）とが、交互に繰返し実行される。このような繰返し処理は、制御部30によって実行される。以下では、下り方向処理を説明してから、上り方向処理を説明する。

【0021】

下り方向処理を詳細に説明する。第2因子ノード処理部18は、 $D_{1,2}$ ノード74、 $D_{1,3}$ ノード76、 $D_{1,4}$ ノード78、 $D_{2,3}$ ノード80、 $D_{2,4}$ ノード82、 $D_{3,4}$ ノード84を含む。 $D_{1,2}$ ノード74、 $D_{1,3}$ ノード76、 $D_{1,4}$ ノード78、 $D_{2,3}$ ノード80、 $D_{2,4}$ ノード82、 $D_{3,4}$ ノード84は、 $d_{1,2}$ ノード62、 $d_{1,3}$ ノード64、 $d_{1,4}$ ノード66、 $d_{2,3}$ ノード68、 $d_{2,4}$ ノード70、 $d_{3,4}$ ノード72にそれぞれ接続される。各ノードは、TDOAにおける距離の平均値と分散値を受けつけ、これらを次のように、TOAにおける距離の平均値と分散値に変換する。

【数2】

$$m_{D_{i,j} \rightarrow r_i} = m_{d_{i,j}} + m_{r_j \rightarrow D_{i,j}} \quad \dots \text{式(2)}$$

$$m_{D_{i,j} \rightarrow r_j} = m_{r_i \rightarrow D_{i,j}} - m_{d_{i,j}} \quad \dots \text{式(3)}$$

$$\sigma_{D_{i,j} \rightarrow r_i}^2 = \sigma_{d_{i,j}}^2 + \sigma_{r_j \rightarrow D_{i,j}}^2 \quad \dots \text{式(4)}$$

$$\sigma_{D_{i,j} \rightarrow r_j}^2 = \sigma_{r_i \rightarrow D_{i,j}}^2 + \sigma_{d_{i,j}}^2 \quad \dots \text{式(5)}$$

【0022】

ここで、添え字の「X Y」は、XノードからYノードへ出力されることを示し、添え字の「 $D_{i,j}$ 」は、 $D_{i,j}$ ノードを示し、添え字の「 r_i 」は、後述の r_i ノードを示す。また、式(2)、式(3)が、TOAにおける距離の平均値を示し、式(4)、式(5)が、TOAにおける距離の分散値を示す。

【0023】

第1変数ノード処理部20は、 r_1 ノード86、 r_2 ノード88、 r_3 ノード90、 r_4 ノード92を含み、これら4つのノードのそれぞれはセンサ10に1対1で対応する。 r_1 ノード86は、 $D_{1,2}$ ノード74、 $D_{1,3}$ ノード76、 $D_{1,4}$ ノード78に接続され、 r_2 ノード88は、 $D_{1,2}$ ノード74、 $D_{2,3}$ ノード80、 $D_{2,4}$ ノード82に接続され、 r_3 ノード90は、 $D_{1,3}$ ノード76、 $D_{2,3}$ ノード80、 $D_{3,4}$ ノード84に接続され、 r_4 ノード92は、 $D_{1,4}$ ノード78、 $D_{2,4}$ ノード82、 $D_{3,4}$ ノード84に接続される。各ノードは、TOAにおける距離の平均値と分散値とに対して、次のようにサムプロダクトアルゴリズムを実行する。

【数3】

$$\frac{1}{\sigma_{r_i \rightarrow C_i}^2} = \sum_{n=1, n \neq i}^N \frac{1}{\sigma_{D_{i,n} \rightarrow r_i}^2} \quad \dots \text{式(6)}$$

$$m_{r_i \rightarrow C_i} = \sigma_{r_i \rightarrow C_i}^2 \sum_{n=1, n \neq i}^N \frac{m_{D_{i,n} \rightarrow r_i}}{\sigma_{D_{i,n} \rightarrow r_i}^2} \quad \dots \text{式(7)}$$

$i < n, D_{i,n} \rightarrow r_i$
 $i > n, D_{n,i} \rightarrow r_i$

10

【0024】

ここで、「N」は、センサ10の数を示し、図1の場合、「4」である。また、式(6)が、TOAにおける距離の平均値に対するサムプロダクトアルゴリズムの実行結果であり、式(7)が、TOAにおける距離の分散値に対するサムプロダクトアルゴリズムの実行結果である。なお、以下では、サムプロダクトアルゴリズムの実行結果も、TOAにおける距離の平均値と分散値と呼ぶこともある。

20

【0025】

第3因子ノード処理部22は、C₁ノード110、C₂ノード112、C₃ノード114、C₄ノード116を含み、ゼロ値回避部34も含む。ゼロ値回避部34は、第1変数ノード処理部20に含まれた各ノードが、第3因子ノード処理部22に、TOAにおける距離の平均値と分散値を渡す際に、次の処理を実行する。ゼロ値回避部34は、次のように、TOAにおける距離の平均値が所定の値よりも小さければ、TOAにおける距離の平均値を所定の値に変更する。

【数4】

$$m_{r_i \rightarrow C_i} < \epsilon ? \quad \dots \text{式(8)}$$

30

$$m_{r_i \rightarrow C_i} = \epsilon \quad \dots \text{式(9)}$$

ここで、「 ϵ 」は、所定の値を示す。これは、距離がゼロに縮退することを防ぐための処理である。

【0026】

C₁ノード110、C₂ノード112、C₃ノード114、C₄ノード116は、ゼロ値回避部34を介して、r₁ノード86、r₂ノード88、r₃ノード90、r₄ノード92にそれぞれ接続される。各ノードは、TOAにおける距離の平均値と分散値を受け付け、次のように、センサ10からの位置座標の平均値と分散値へ変換する。

【数5】

$$m_{C_i \rightarrow \Delta x_i} = \text{sign}(m_{C_i \rightarrow \Delta x_i}) \times \sqrt{m_{r_i \rightarrow C_i}^2 - m_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2} \quad \dots \text{式(10)}$$

40

$$\sigma_{C_i \rightarrow \Delta x_i}^2 = \frac{m_{r_i \rightarrow C_i}^2 \sigma_{r_i \rightarrow C_i}^2 + m_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2 \sigma_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2}{m_{r_i \rightarrow C_i}^2 - m_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2} \quad \dots \text{式(11)}$$

【数6】

$$m_{C_i \rightarrow \Delta y_i} = \text{sign}(m_{C_i \rightarrow \Delta y_i}) \times \sqrt{m_{r_i \rightarrow C_i}^2 - m_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2} \quad \dots \text{式(12)}$$

$$\sigma_{C_i \rightarrow \Delta y_i}^2 = \frac{m_{r_i \rightarrow C_i}^2 \sigma_{r_i \rightarrow C_i}^2 + m_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2 \sigma_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2}{m_{r_i \rightarrow C_i}^2 - m_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2} \quad \dots \text{式(13)}$$

【0027】

10

式(10)は、各ノードから、後述の x_1 ノード118、 x_2 ノード120、 x_3 ノード122、 x_4 ノード124へ出力される平均値であって、かつセンサ10からの位置座標の平均値を示す。また、式(11)は、各ノードから、後述の x_1 ノード118、 x_2 ノード120、 x_3 ノード122、 x_4 ノード124へ出力される分散値であって、かつセンサ10からの位置座標の分散値を示す。

【0028】

また、式(12)は、各ノードから、後述の y_1 ノード126、 y_2 ノード128、 y_3 ノード130、 y_4 ノード132へ出力される平均値であって、かつセンサ10からの位置座標の平均値を示す。また、式(13)は、各ノードから、後述の y_1 ノード126、 y_2 ノード128、 y_3 ノード130、 y_4 ノード132へ出力される分散値であって、かつセンサ10からの位置座標の分散値を示す。

20

【0029】

内部変数ノード処理部24は、 x_1 ノード118、 x_2 ノード120、 x_3 ノード122、 x_4 ノード124、 y_1 ノード126、 y_2 ノード128、 y_3 ノード130、 y_4 ノード132を含む。各ノードは、第3因子ノード処理部22から第4因子ノード処理部26に、次のように、センサ10からの位置座標の平均値と分散値を引き渡す。

【数7】

$$m_{\Delta x_i \rightarrow A_i} = m_{C_i \rightarrow \Delta x_i} \quad \dots \text{式(14)}$$

30

$$\sigma_{\Delta x_i \rightarrow A_i}^2 = \sigma_{C_i \rightarrow \Delta x_i}^2 \quad \dots \text{式(15)}$$

【数8】

$$m_{\Delta y_i \rightarrow B_i} = m_{C_i \rightarrow \Delta y_i} \quad \dots \text{式(16)}$$

$$\sigma_{\Delta y_i \rightarrow B_i}^2 = \sigma_{C_i \rightarrow \Delta y_i}^2 \quad \dots \text{式(17)}$$

【0030】

式(14)は、 x_1 ノード118、 x_2 ノード120、 x_3 ノード122、 x_4 ノード124から出力される平均値を示し、式(15)は、 x_1 ノード118、 x_2 ノード120、 x_3 ノード122、 x_4 ノード124から出力される分散値を示す。また、式(16)は、 y_1 ノード126、 y_2 ノード128、 y_3 ノード130、 y_4 ノード132から出力される平均値を示し、式(17)は、 y_1 ノード126、 y_2 ノード128、 y_3 ノード130、 y_4 ノード132から出力される分散値を示す。

40

【0031】

第4因子ノード処理部26は、 A_1 ノード134、 A_2 ノード136、 A_3 ノード138、 A_4 ノード140、 B_1 ノード142、 B_2 ノード144、 B_3 ノード146、 B_4 ノード148を含む。各ノードは、センサ10からの位置座標の平均値と分散値を受けつ

50

け、次のように、無線装置の位置座標の平均値と分散値に変換する。

【数 9】

$$m_{A_i \rightarrow x} = X_i - m_{\Delta x_i \rightarrow A_i} \quad \dots \text{式(18)}$$

$$\sigma_{A_i \rightarrow x}^2 = \sigma_{\Delta x_i \rightarrow A_i}^2 \quad \dots \text{式(19)}$$

【数 10】

$$m_{B_i \rightarrow y} = Y_i - m_{\Delta y_i \rightarrow B_i} \quad \dots \text{式(20)}$$

$$\sigma_{B_i \rightarrow y}^2 = \sigma_{\Delta y_i \rightarrow B_i}^2 \quad \dots \text{式(21)}$$

10

【0032】

式(18)は、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140から出力される平均値を示し、「X_i」は、i番目のセンサ10が設置された位置のX座標を示す。X座標は、例えば、経度として示される。式(19)は、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140から出力される分散値を示す。

【0033】

式(20)は、B₁ノード142、B₂ノード144、B₃ノード146、B₄ノード148から出力される平均値を示し、「Y_i」は、i番目のセンサ10が設置された位置のY座標を示す。Y座標は、例えば、緯度として示される。式(21)は、B₁ノード142、B₂ノード144、B₃ノード146、B₄ノード148から出力される分散値を示す。

20

【0034】

第2変数ノード処理部28は、xノード150、yノード152を含む。xノード150は、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140に接続され、yノード152は、B₁ノード142、B₂ノード144、B₃ノード146、B₄ノード148に接続される。各ノードは、無線装置の位置座標の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。なお、xノード150は、平均値と分散値のそれぞれに対して2種類の処理を実行する。ひとつ目の処理(以下、「継続処理」という)は、次のように示される。

30

【数 11】

$$\frac{1}{\sigma_{x \rightarrow A_i}^2} = \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{1}{\sigma_{A_j \rightarrow x}^2} \quad \dots \text{式(22)}$$

$$m_{x \rightarrow A_i} = \sigma_{x \rightarrow A_i}^2 \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{m_{A_j \rightarrow x}}{\sigma_{A_j \rightarrow x}^2} \quad \dots \text{式(23)}$$

40

【0035】

式(22)は、xノード150から、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140に出力される分散値を示し、式(23)は、xノード150から、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140に出力される平均値を示す。

【0036】

ふたつ目の処理(以下、「終端処理」という)は、次のように示される。

【数 1 2】

$$\frac{1}{\sigma_x^2} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_i \rightarrow x}^2} \quad \dots \text{式(24)}$$

$$m_x = \sigma_x^2 \sum_{i=1}^N \frac{m_{A_i \rightarrow x}}{\sigma_{A_i \rightarrow x}^2} \quad \dots \text{式(25)}$$

式(24)は、xノード150において生成される分散値を示し、式(25)は、xノード150において生成される平均値を示す。これらは、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140に出力されない。これら2種類の処理によって生成された値をどのように使用するかは後述する。

【0037】

yノード152も、xノード150と同様に2種類の処理がなされる。継続処理は、次のように示される。

【数 1 3】

$$\frac{1}{\sigma_{y \rightarrow B_i}^2} = \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{1}{\sigma_{B_j \rightarrow y}^2} \quad \dots \text{式(26)}$$

$$m_{y \rightarrow B_i} = \sigma_{y \rightarrow B_i}^2 \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{m_{B_j \rightarrow y}}{\sigma_{B_j \rightarrow y}^2} \quad \dots \text{式(27)}$$

終端処理は、次のように示される。

【数 1 4】

$$\frac{1}{\sigma_y^2} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_{B_i \rightarrow y}^2} \quad \dots \text{式(28)}$$

$$m_y = \sigma_y^2 \sum_{i=1}^N \frac{m_{B_i \rightarrow y}}{\sigma_{B_i \rightarrow y}^2} \quad \dots \text{式(29)}$$

【0038】

上り方向処理を詳細に説明する。第4因子ノード処理部26の各ノードは、第2変数ノード処理部28から、無線装置の位置座標の平均値と分散値を受けつける。これらは、前述の継続処理での平均値と分散値である。特に、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140は、xノード150から平均値と分散値を受けつけ、B₁ノード142、B₂ノード144、B₃ノード146、B₄ノード148は、yノード152から平均値と分散値を受けつける。各ノードは、次のように、無線装置の位置座標の平均値と分散値を、センサ10からの位置座標の平均値と分散値に変換する。

10

20

30

40

【数 1 5】

$$m_{A_i \rightarrow \Delta x_i} = X_i - m_{x_i \rightarrow A_i} \quad \cdots \text{式(30)}$$

$$\sigma_{A_i \rightarrow \Delta x_i}^2 = \sigma_{x_i \rightarrow A_i}^2 \quad \cdots \text{式(31)}$$

【数 1 6】

$$m_{B_i \rightarrow \Delta y_i} = Y_i - m_{y_i \rightarrow B_i} \quad \cdots \text{式(32)}$$

$$\sigma_{B_i \rightarrow \Delta y_i}^2 = \sigma_{y_i \rightarrow B_i}^2 \quad \cdots \text{式(33)}$$

10

【0 0 3 9】

式(30)は、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140から出力される平均値を示し、式(31)は、A₁ノード134、A₂ノード136、A₃ノード138、A₄ノード140から出力される分散値を示す。また、式(32)は、B₁ノード142、B₂ノード144、B₃ノード146、B₄ノード148から出力される平均値を示し、式(33)は、B₁ノード142、B₂ノード144、B₃ノード146、B₄ノード148から出力される分散値を示す。

【0 0 4 0】

内部変数ノード処理部24における各ノードは、第4因子ノード処理部26から第3因子ノード処理部22に、次のように、センサ10からの位置座標の平均値と分散値を引き渡す。

20

【数 1 7】

$$m_{\Delta x_i \rightarrow C_i} = m_{A_i \rightarrow \Delta x_i} \quad \cdots \text{式(34)}$$

$$\sigma_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2 = \sigma_{A_i \rightarrow \Delta x_i}^2 \quad \cdots \text{式(35)}$$

【数 1 8】

$$m_{\Delta y_i \rightarrow C_i} = m_{B_i \rightarrow \Delta y_i} \quad \cdots \text{式(36)}$$

$$\sigma_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2 = \sigma_{B_i \rightarrow \Delta y_i}^2 \quad \cdots \text{式(37)}$$

30

【0 0 4 1】

式(34)は、x₁ノード118、x₂ノード120、x₃ノード122、x₄ノード124から出力される平均値を示し、式(35)は、x₁ノード118、x₂ノード120、x₃ノード122、x₄ノード124から出力される分散値を示す。また、式(36)は、y₁ノード126、y₂ノード128、y₃ノード130、y₄ノード132から出力される平均値を示し、式(37)は、y₁ノード126、y₂ノード128、y₃ノード130、y₄ノード132から出力される分散値を示す。

40

【0 0 4 2】

第3因子ノード処理部22は、前述の説明に加えて、虚数値回避部36を含む。虚数値回避部36は、第4因子ノード処理部26、さらに具体的には内部変数ノード処理部24から第3因子ノード処理部22に、センサ10からの位置座標の平均値を渡す際に、次の処理を実行する。虚数値回避部36は、次のように、センサ10からの位置座標の平均値の2乗値よりも、第1変数ノード処理部20からのT O Aにおける距離の平均値の2乗値が小さければ、第1変数ノード処理部20からのT O Aにおける距離の平均値をもとに、センサ10からの位置座標の平均値を変更する。

【数 19】

$$m_{r_i \rightarrow C_i}^2 - m_{\Delta x \rightarrow C_i}^2 < 0? \quad \dots \text{式(38)}$$

$$m_{\Delta x \rightarrow C_i} = \text{sign}(m_{\Delta x \rightarrow C_i}) \times (\text{abs}(m_{r_i \rightarrow C_i}) - \delta) \quad \dots \text{式(39)}$$

【数 20】

$$m_{r_i \rightarrow C_i}^2 - m_{\Delta y \rightarrow C_i}^2 < 0? \quad \dots \text{式(40)}$$

$$m_{\Delta y \rightarrow C_i} = \text{sign}(m_{\Delta y \rightarrow C_i}) \times (\text{abs}(m_{r_i \rightarrow C_i}) - \delta) \quad \dots \text{式(41)}$$

10

【0043】

ここで、式(38)と式(39)は、 x_1 ノード118、 x_2 ノード120、 x_3 ノード122、 x_4 ノード124から出力された平均値に対する処理であり、式(40)と式(41)は、 y_1 ノード126、 y_2 ノード128、 y_3 ノード130、 y_4 ノード132から出力された平均値に対する処理である。これは、第3因子ノード処理部22での処理によって虚数値が発生することを防ぐための処理である。

【0044】

C_1 ノード110は、虚数値回避部36を介して、 x_1 ノード118、 y_1 ノード126に接続され、 C_2 ノード112は、虚数値回避部36を介して、 x_2 ノード120、 y_2 ノード128に接続され、 C_3 ノード114は、虚数値回避部36を介して、 x_3 ノード122、 y_3 ノード130に接続され、 C_4 ノード116は、虚数値回避部36を介して、 x_4 ノード124、 y_4 ノード132に接続される。各ノードは、センサ10からの位置座標の平均値と分散値を受け付け、次のように、TOAにおける距離の平均値と分散値へ変換する。

20

【数 21】

$$m_{C_i \rightarrow r_i} = \sqrt{m_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2 + m_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2} \quad \dots \text{式(42)}$$

30

$$\sigma_{C_i \rightarrow r_i}^2 = \frac{m_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2 \sigma_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2 + m_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2 \sigma_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2}{m_{\Delta x_i \rightarrow C_i}^2 + m_{\Delta y_i \rightarrow C_i}^2} \quad \dots \text{式(43)}$$

【0045】

第1変数ノード処理部20は、前述の説明に加えて、無限大回避部38を含む。無限大回避部38は、第3因子ノード処理部22から第1変数ノード処理部20に、TOAにおける距離の分散値を渡す際に、次の処理を実行する。無限大回避部38は、次のように、TOAにおける距離の分散値が、第2因子ノード処理部18からのTOAにおける距離の分散値の最小値よりも大きければ、TOAにおける距離の分散値を、第2因子ノード処理部18からのTOAにおける距離の分散値の最小値に変更する。

40

【数 22】

$$\sigma_{C_i \rightarrow r_i}^2 > \min(\sigma_{D_{i,j} \rightarrow r_i}^2)? \quad \dots \text{式(44)}$$

$$\sigma_{C_i \rightarrow r_i}^2 = \min(\sigma_{D_{i,j} \rightarrow r_i}^2) \quad \dots \text{式(45)}$$

これは、第1変数ノード処理部20での処理によって無限大が発生することを防ぐため

50

の処理である。

【 0 0 4 6 】

r_1 ノード 8 6 は、無限大回避部 3 8 を介して、 C_1 ノード 1 1 0 に接続され、 r_2 ノード 8 8 は、無限大回避部 3 8 を介して、 C_2 ノード 1 1 2 に接続され、 r_3 ノード 9 0 は、無限大回避部 3 8 を介して、 C_3 ノード 1 1 4 に接続され、 r_4 ノード 9 2 は、無限大回避部 3 8 を介して、 C_4 ノード 1 1 6 に接続される。各ノードは、T O A における距離の平均値と分散値とに対して、次のようにサムプロダクトアルゴリズムを実行する。

【 数 2 3 】

$$\frac{1}{\sigma_{r_i \rightarrow D_{i,j}}^2} = \left(\sum_{n=1, n \neq i, n \neq j}^N \frac{1}{\sigma_{D_{i,n} \rightarrow r_i}^2} \right) + \frac{1}{\sigma_{C_i \rightarrow r_i}^2} \quad \dots \text{式(46)} \quad 10$$

$$m_{r_i \rightarrow D_{i,j}} = \sigma_{r_i \rightarrow D_{i,j}}^2 \left(\left(\sum_{n=1, n \neq i, n \neq j}^N \frac{m_{D_{i,n} \rightarrow r_i}}{\sigma_{D_{i,n} \rightarrow r_i}^2} \right) + \frac{m_{C_i \rightarrow r_i}}{\sigma_{C_i \rightarrow r_i}^2} \right) \quad \dots \text{式(47)} \quad 20$$

$$\begin{aligned} & i < j \\ & r_i \rightarrow D_{i,j} \\ & i < n, D_{i,n} \rightarrow r_i \\ & i > n, D_{n,i} \rightarrow r_i \\ & r_j \rightarrow D_{i,j} \\ & j < n, D_{j,n} \rightarrow r_j \\ & j > n, D_{n,j} \rightarrow r_j \end{aligned} \quad 30$$

前述のごとく、サムプロダクトアルゴリズムの実行結果も、T O A における距離の平均値と分散値と呼ぶこともある。

【 0 0 4 7 】

第 2 因子ノード処理部 1 8 における $D_{1,2}$ ノード 7 4 は、 r_1 ノード 8 6、 r_2 ノード 8 8 に接続され、 $D_{1,3}$ ノード 7 6 は、 r_1 ノード 8 6、 r_3 ノード 9 0 に接続され、 $D_{1,4}$ ノード 7 8 は、 r_1 ノード 8 6、 r_4 ノード 9 2 に接続され、 $D_{2,3}$ ノード 8 0 は、 r_2 ノード 8 8、 r_3 ノード 9 0 に接続され、 $D_{2,4}$ ノード 8 2 は、 r_2 ノード 8 8、 r_4 ノード 9 2 に接続され、 $D_{3,4}$ ノード 8 4 は、 r_3 ノード 9 0、 r_4 ノード 9 2 に接続される。第 2 因子ノード処理部 1 8 の各ノードは、前述の式 (2) から式 (5) を実行することによって、T O A における距離の平均値と分散値とを更新する。

【 0 0 4 8 】

制御部 3 0 は、前述のごとく、繰返し処理を制御する。制御部 3 0 は、式 (2 4)、式 (2 5)、式 (2 8)、式 (2 9) によって導出された平均値および分散値が収束した場合に、繰返し処理を終了させ、平均値を出力部 3 2 に出力する。ここでは、導出された平均値および分散値と、既に導出された平均値および分散値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、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。

【 0 0 4 9 】

出力部 32 は、制御部 30 によって繰返し実行される処理の終了後、第 2 変数ノード処理部 28 からの平均値を受けつけ、これを無線装置の位置座標として出力する。

【0050】

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ところである。

【0051】

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 による推定処理の手順を示すフローチャートである。外部変数ノード処理部 16 は、式 (1) を処理する (S10)。第 2 因子ノード処理部 18 は、式 (2) ~ 式 (5) を処理する (S12)。第 2 因子ノード処理部 18 から第 2 変数ノード処理部 28 は、下り方向処理を実行する (S14)。収束していなければ (S16 の N)、第 2 変数ノード処理部 28 から第 2 因子ノード処理部 18 は、上り方向処理を実行する (S18)。ステップ 14 に戻る。一方、収束していれば (S16 の Y)、出力部 32 は、 m_x と m_y とを最終的な位置座標 (x, y) として出力する。

【0052】

図 3 は、下り方向処理の手順を示すフローチャートである。第 1 変数ノード処理部 20 は、式 (6)、式 (7) を実行する (S40)。式 (8) を満たした場合 (S42 の Y)、ゼロ値回避部 34 は、式 (9) を実行する (S44)。式 (8) を満たさない場合 (S42 の N)、ステップ 44 はスキップされる。第 3 因子ノード処理部 22 は、式 (10) ~ (13) を実行する (S46)。内部変数ノード処理部 24 は、式 (14) ~ (17) を実行する (S48)。第 4 因子ノード処理部 26 は、式 (18) ~ 式 (21) を実行する (S50)。第 2 変数ノード処理部 28 は、式 (22) ~ 式 (29) を実行する (S52)。

【0053】

図 4 は、上り方向処理の手順を示すフローチャートである。A₁ ノード 134、A₂ ノード 136、A₃ ノード 138、A₄ ノード 140 は、式 (30)、式 (31) を実行する (S70)。x₁ ノード 118、x₂ ノード 120、x₃ ノード 122、x₄ ノード 124 は、式 (34) を実行するとともに (S72)、式 (35) を実行する (S74)。式 (38) を満たした場合 (S76 の Y)、虚数値回避部 36 は、式 (39) を実行する (S78)。B₁ ノード 142、B₂ ノード 144、B₃ ノード 146、B₄ ノード 148 は、式 (32)、式 (33) を実行する (S80)。y₁ ノード 126、y₂ ノード 128、y₃ ノード 130、y₄ ノード 132 は、式 (36) を実行するとともに (S82)、式 (37) を実行する (S84)。式 (40) を満たした場合 (S86 の Y)、虚数値回避部 36 は、式 (41) を実行する (S88)。

【0054】

式 (38) を満たさない場合 (S76 の N)、あるいはステップ 78 が終了すると、第 3 因子ノード処理部 22 は、式 (42) を実行する (S90)。また、式 (40) を満たさない場合 (S86 の N)、あるいはステップ 88 が終了すると、第 3 因子ノード処理部 22 は、式 (42) を実行する (S90)。ステップ 74 が終了すると、あるいはステップ 78 が終了すると、第 3 因子ノード処理部 22 は、式 (43) を実行する (S92)。ステップ 84 が終了すると、あるいはステップ 88 が終了すると、第 3 因子ノード処理部 22 は、式 (43) を実行する (S92)。式 (44) を満足する場合 (S94 の Y)、無限大回避部 38 は、式 (45) を実行する (S96)。式 (44) を満たさない場合 (S94 の N)、ステップ 96 はスキップされる。第 1 変数ノード処理部 20 は、式 (46)、式 (47) を実行する (S98)。これに続いて、第 2 因子ノード処理部 18 は、平均値と分散値とを更新する。

【0055】

10

20

30

40

50

本発明の実施例によれば、TDOAにおける距離の平均値と分散値から、TOAにおける距離の平均値と分散値への変換を実行するので、TDOAによって測定を実行する場合であっても、TOAによる因子グラフ処理を実行できる。また、TOAによる因子グラフ処理を実行するので、位置推定精度を向上できる。また、TDOAによって測定を実行するので、対象となる無線装置とのタイミング同期を不要にできる。また、TOAにおける距離の平均値が所定の値よりも小さければ、TOAにおける距離の平均値を所定の値に変更するので、処理結果がゼロになることを回避できる。また、センサからの位置座標の平均値の2乗値よりも、第1変数ノード処理部からのTOAにおける距離の平均値の2乗値が小さければ、第1変数ノード処理部からのTOAにおける距離の平均値をもとに、センサからの位置座標の平均値を変更するので、処理結果が虚数値になることを回避できる。また、TOAにおける距離の分散値が、第2因子ノード処理部からのTOAにおける距離の分散値の最小値よりも大きければ、TOAにおける距離の分散値を、第2因子ノード処理部からのTOAにおける距離の分散値の最小値に変更するので、処理結果が無限大になることを回避できる。

10

【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。

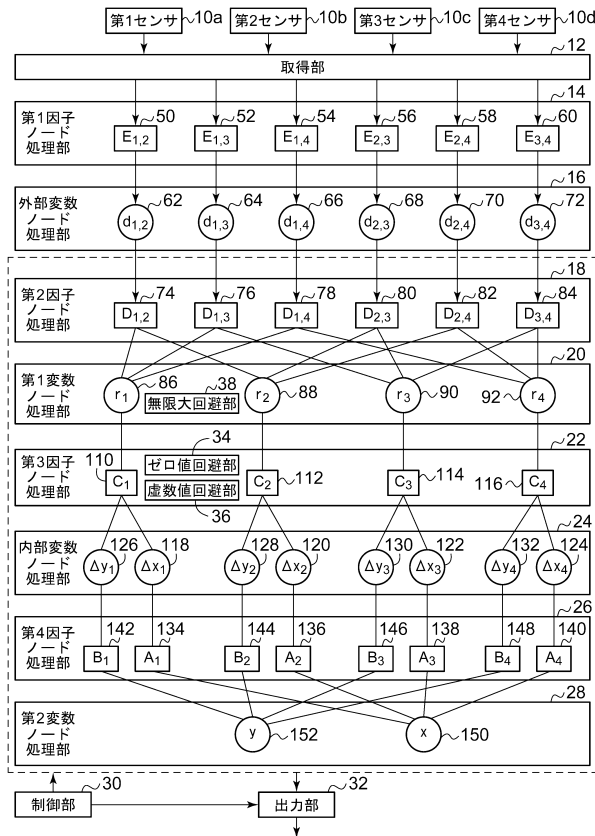
【符号の説明】

【0057】

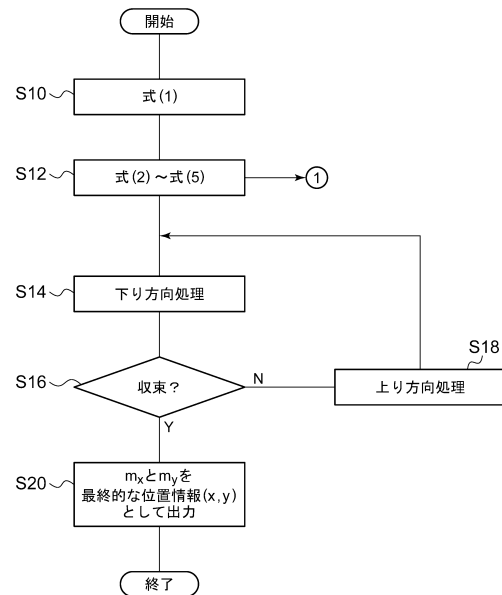
10 センサ、 12 取得部、 14 第1因子ノード処理部、 16 外部変数ノード処理部、 18 第2因子ノード処理部、 20 第1変数ノード処理部、 22 第3因子ノード処理部、 24 内部変数ノード処理部、 26 第4因子ノード処理部、 28 第2変数ノード処理部、 30 制御部、 32 出力部、 34 ゼロ値回避部、 36 虚数値回避部、 38 無限大回避部、 100 推定装置。

20

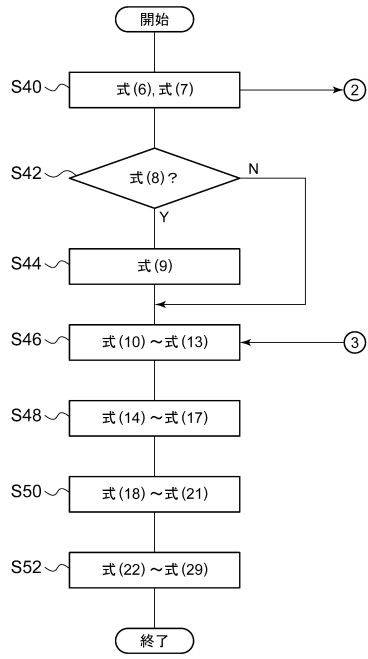
【図1】



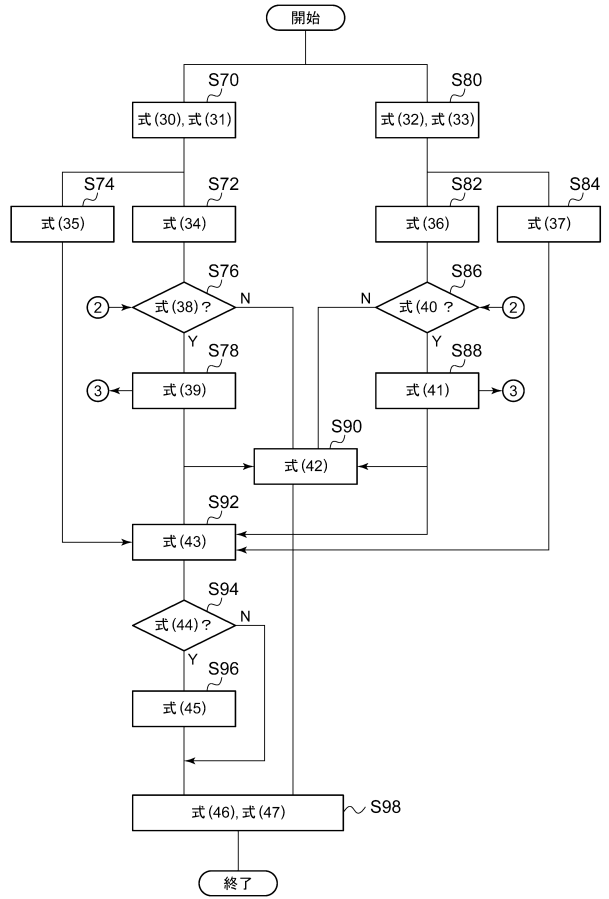
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 中国特許出願公開第102905363(CN, A)

特表2010-507985(JP, A)

JUNG-CHIEH Chen et al., "Network-Side Mobile Position Location Using Factor Graphs", I
EEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, 2006年10月, vol.5, No.10, p.2696-27
04

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00-5/14

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)