

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5278365号  
(P5278365)

(45) 発行日 平成25年9月4日(2013.9.4)

(24) 登録日 平成25年5月31日(2013.5.31)

(51) Int.Cl.		F I	
GO1S 5/14	(2006.01)	GO1S 5/14	
GO1S 5/02	(2010.01)	GO1S 5/02	Z
HO4W 64/00	(2009.01)	HO4W 64/00	140

請求項の数 12 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2010-83447 (P2010-83447)	(73) 特許権者	000000295
(22) 出願日	平成22年3月31日 (2010.3.31)		沖電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2011-215001 (P2011-215001A)		東京都港区虎ノ門一丁目7番12号
(43) 公開日	平成23年10月27日 (2011.10.27)	(74) 代理人	100095957
審査請求日	平成22年3月31日 (2010.3.31)		弁理士 亀谷 美明
	(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成21年度総務省「ユビキタス・プラットフォーム技術の研究開発 (ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発)」に関する委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受けるもの)	(74) 代理人	100096389
			弁理士 金本 哲男
		(74) 代理人	100101557
			弁理士 萩原 康司
		(72) 発明者	磯部 翔
			東京都港区西新橋三丁目16番11号 沖電気工業株式会社内
		(72) 発明者	前野 蔵人
			東京都港区西新橋三丁目16番11号 沖電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置推定装置及び位置推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

予め位置が特定されている複数の基地局と位置推定対象である複数の移動局との一方向又は双方向通信により取得した所定の信号に基づき移動局の位置を推定する位置推定部と、

前記位置推定部により推定された移動局の位置を用いて該位置を推定された移動局と前記複数の基地局との距離に含まれる誤差量であって、信号の反射によって生じる観測距離の伸び量からなる誤差量であるバイアス量を推定するバイアス量推定部と、

バイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させて前記バイアス量分布マップを生成することにより、バイアス量分布を取得するバイアス量分布取得部と、

前記位置推定部により推定された移動局の位置と、前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布の該移動局の位置に対応するバイアス量から前記移動局の位置の推定のための初期値を求めるバイアス量推定部と、を備えることを特徴とする位置推定装置。

【請求項2】

前記バイアス量推定部は、前記基地局毎のバイアス量分布マップのうち、前記バイアス量分布の分散が小さい方から3つ以上のバイアス量分布マップを選択し、該選択したバイアス量分布マップのバイアス量分布を用いて前記移動局の位置の推定のための初期値を求めることを特徴とする請求項1に記載の位置推定装置。

## 【請求項 3】

前記バイアス量推定部は、前記バイアス量分布マップに含まれる、前記推定された移動局の位置に対するバイアス量の確率密度分布の分散値が閾値以上のバイアス量のみを移動局の位置の推定のための初期値に用いることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の位置推定装置。

## 【請求項 4】

前記バイアス量分布取得部は、前記バイアス量分布マップ上の前記移動局の推定位置にバイアス量が記憶されていないとき、近傍の位置に記憶されたバイアス量により該記憶されていないバイアス量を補間することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の位置推定装置。

10

## 【請求項 5】

前記バイアス量分布取得部は、前記複数の移動局に対してそれぞれ推定された複数の移動局の位置に前記推定されたバイアス量のそれぞれを記憶することによりバイアス量分布マップを更新することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の位置推定装置。

## 【請求項 6】

前記バイアス量推定部は、前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布を前記複数の移動局の位置の推定のための初期値を求めるために共通して使用することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の位置推定装置。

## 【請求項 7】

前記バイアス量分布取得部は、基地局毎に前記バイアス量分布マップを生成することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の位置推定装置。

20

## 【請求項 8】

前記推定された移動局の位置と前記推定されたバイアス量とを関連付けて記憶するバイアス量記憶部をさらに備え、

前記バイアス量分布取得部は、前記バイアス量記憶部に一定時間内に記憶されたバイアス量に基づき前記バイアス量分布マップを更新することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の位置推定装置。

## 【請求項 9】

前記位置推定部は、前記取得した所定の信号に基づき、前記複数の基地局のそれぞれと前記移動局との距離を第 1 の距離として基地局毎に計測する距離計測部と、

30

今回、前記距離計測部により計測された前記複数の基地局のうちの一の基地局と前記移動局との前記第 1 の距離に含まれるバイアス量を、前回又は前回より前に前記複数の基地局のうち他の複数の基地局と前記移動局との前記第 1 の距離に含まれると推定されたバイアス量を用いて推定する誤差推定部とを有し、

前記バイアス量推定部は、前記距離計測部により計測された前記第 1 の距離、及び前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布を用いて前記移動局の位置を推定するための初期値を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載された位置推定装置。

## 【請求項 10】

前記誤差推定部は、前記第 1 の距離に基づき各基地局と前記移動局と間の確からしい距離を推定するための複数の状態ベクトルの密度分布を推定し、前記推定された状態ベクトルの密度分布に基づき前記各基地局及び前記移動局間の確からしい距離として第 2 の距離を算出し、

40

前記バイアス量推定部は、前記第 2 の距離及び前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布に基づき前記移動局の位置を推定するための初期値を求めることを特徴とする請求項 9 に記載された位置推定装置。

## 【請求項 11】

前記バイアス量分布取得部は、前記第 2 の距離を用いて推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させてバイアス量分布マップを更新することを特徴とする請求項 10 に記載された位置推定装置。

50

## 【請求項 1 2】

位置推定部が、予め位置が特定されている複数の基地局と位置推定対象である複数の移動局との一方向又は双方向通信により取得した所定の信号に基づき各移動局の位置を推定するステップと、

バイアス量推定部が、前記位置推定部により推定された移動局の位置を用いて該位置を推定された移動局と前記複数の基地局との距離に含まれる誤差量であって、信号の反射によって生じる観測距離の伸び量からなる誤差量であるバイアス量を推定するステップと、

バイアス量分布取得部が、バイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させて前記バイアス量分布マップを生成することにより、バイアス量分布を取得するステップと、

バイアス量推定部が、前記位置推定部により推定された移動局の位置と、前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布の該移動局の位置に対応するバイアス量から前記移動局の位置の推定のための初期値を求めるステップと、を含むことを特徴とする位置推定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、位置推定装置及び位置推定方法に関する。より詳細には、本発明は、複数の移動局と複数の基地局で通信を行い、その通信結果である所定の信号に基づいて移動局の位置を推定する位置推定装置及び位置推定方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、移動局と複数の基地局で通信を行い、その通信結果である無線信号や受発信時刻などに基づいて移動局の位置を推定する測位システムが提案されている。たとえば、特許文献1～4には、複数の無線基地局と移動局との間で無線信号を送受信し、移動局の位置を推定するシステムが提案されている。

## 【0003】

無線信号としては、電波、音波、光、磁気などを用いたものがある。それらを用いて位置を求める方式のうち主要なものを大別すると、信号の受信強度を用いるRSSI(Received Signal Strength Indicator)方式(特許文献1参照)、信号の伝播時間を用いるTOA(Time Of Arrival)方式(特許文献2参照)、信号の伝播時間差を用いるTDOA(Time Difference Of Arrival)方式、信号の受信方位を用いるAOA(Angle Of Arrival)方式(特許文献3参照)の4方式が挙げられる。

## 【0004】

RSSI方式は、特許文献1に示したように、信号の受信強度から距離を推定し、そこから3辺測量で位置を推定する方式である。この方式は、高精度に距離を推定することが難しい一方で、厳密かつ高精度な時刻管理が不要で、様々な機器に造りこみやすいといった特徴がある。受信強度から距離を推定することが難しいため、複数の受信信号の強弱のパターンの学習と識別により位置を推定するものもあるが、これには付近に学習済のエリアがなければ位置を推定できないといった課題がある。

## 【0005】

TOA方式は、信号の伝播時間から距離を計測し、そこから3辺測量で位置を推定する方式である。例えば、移動局から基地局に向かって信号を送信した際の信号の伝播時間を $t$ とし(通信方向が逆の場合や、双方向通信のものもある)、信号の伝播速度を $c$ とすると、基地局と移動局間の距離 $l$ は、 $l = c \times t$ で求めることができる。無線信号の一例として電波を媒体としたものの場合、一般に空気中の電波の伝播速度は一定(約30万km/秒)のため、時計の精度が十分に高ければ安定した位置精度を実現しやすい。例えば移動局と基地局の全ての時計が同期している場合、伝播時間 $t$ の計測は1回の通信で行なえる。他にも同期なしで距離を求める方法もあるが、その場合には、移動局から発信した電

10

20

30

40

50

波が基地局に到着し、更に基地局から移動局にて受信した電波を検出するため処理の負荷が高くなる。

【0006】

例えばT O A方式で用いられる測距の一方式であるT W R ( T w o W a y R a n g i n g )方式では、移動局から基地局に信号を送出し、信号を受信した基地局は直ちに移動局に返信を行ない、移動局は、自局が信号を送出してから基地局からの信号を受信するまでの往復伝播時間から、基地局で折り返しに必要な処理時間を減算して2で割ることにより、片道にかかった伝播時間を求めることができる。いずれにしても、信号の伝播時間を計測するため、高精度な内部時計は必要である。たとえば電波を用いた場合、約1 n sの時刻誤差で約30 c mの距離誤差が生じる。

10

【0007】

T D O A方式は、T O A方式と同様に信号の伝播時間をベースとしているが、基地局と移動局の距離を計測せずに、移動局からマルチキャスト発信した信号を同時に複数の基地局にて受信し、その受信時間差に基づいて位置を求める。2つの基地局で受信した信号の受信時刻差は、信号の伝播速度を掛け合わせると、移動局から見た距離差となる。2つの基地局から同一の距離差を発生し得る位置は双曲線を描くため、基地局3局以上で同時に信号を受信すると、複数の双曲線が得られ、それらの交点を求めることにより位置が決定する。この方式は、T O A方式と比較し、移動局が信号を受信する必要がない点、1回の測位に必要な信号の送信回数が少ない(通常、移動局からの1回の信号発信で位置が確定する)といった利点がある一方、基地局間で時刻を厳密に同期しなければならず、また基地局に内蔵する時計には必ず誤差があるため、時計の精度にあわせて逐次時刻同期を行なう必要がある。

20

【0008】

A O A方式は、複数の基地局が移動局から信号を受信した際の信号の到達角度に基づき、三角測量を行なう方式である。信号の到達角度は、例えば電波の場合は、アレイアンテナ、音波の場合はマイクロフォンアレイなどを用い、M U S I C ( M U l t i p l e S I g n a l C l a s s i f i c a t i o n )法などを用いることで推定できる。距離的に非常に近いアンテナ(マイクロフォン)間の受信時刻差を用いるため、非常に高い精度で個々の受信信号をサンプリングする必要があるといった難しさがある。

【0009】

このように、各方式には様々な状況により得手、不得手があり、すべてのケースにおいて常に最良となる方式は存在しない。特に、これら無線信号を用いる方式の共通の課題として、反射波による影響がある。

30

【0010】

例えば特許文献2では、T O A方式で位置を推定するシステムにおいて、反射波の影響を低減する方式が提案されている。通常、基地局と移動局の間に見通し(L O S : L i n e o f s i g h t)があり、直線で結ばれる経路(図1の $D_1 \sim D_4$ )を通る直接波で通信が行なわれる場合には、直線距離を求めることが可能である。しかしながら、現実には経路途中の構造物O bなどにより反射が発生することがあり、このような反射波を用いて距離を計測すると、直線距離よりも長い距離(図1の $D_1'$ )が得られてしまう。これは、基地局と移動局を最短で結ぶ経路がお互いを直線で結ぶ直接波の通る経路であり、それ以外の反射波の通る経路はすべて直線よりも長くなる $D_1' > D_1$ の関係が成り立つためである。しかし、この関係を逆に利用することで、なるべく直線の経路に近いものを選ぶことができる。例えば1回の通信の中で直接波と反射波が混在する合成波の場合は、一番初めに到達した成分が直接波による成分であり、この成分により伝播時間を求めることができれば、直線距離を算出することができる。また例えば複数回、信号の伝播時間を計測でき、その中に反射波と直接波による計測値が混在している場合は、最小の計測値を選ぶことで直接波による計測結果を選ぶことができ、それに基づき直線距離を得ることができる。また、この最小値を選ぶという処理は、たとえ直接波による計測結果がなく、すべて反射波によるものであったとしても、直接波と比較して最も差の少ない反射波を選

40

50

ぶことになり、距離計測の誤差を低減するような直線距離に近い値を選ぶことができる。通信の受信品質をあわせて用いると、多重反射波などの品質の悪い通信を排除でき、より直接波に近いものを選ぶことも可能かもしれない。長期間にわたって継続して計測を行なう場合、移動局の基地局から見た平均移動速度を算出することで、よりもっともらしい位置を算出することも可能である。

【0011】

特許文献3では、TDOA方式とAOA方式を組み合わせることで、位置精度を高めようとする技術が開示されている。AOA方式は、角度の分解能が一定の場合、基地局と移動局の距離が離れるに従い、位置の分解能が低下する。一方で基地局と距離が十分に近い場合は、高い位置分解能を有する。かかる特徴により、信号の受信時刻が早いものが、移動局に最も近い基地局であり、位置分解能が高いとし、高い重み付けを行なう。このように時刻により重みを変えて加重平均をとることで、よりもっともらしい位置の推定を行なう。また、特許文献3では、受信時刻を得るため、TDOA方式の測位もあわせて行い、それらを重み付けによって加重平均を取ることににより、よりもっともらしい位置を計測する方式が提案されている。

10

【0012】

特許文献4では、RSSI方式で位置推定を行う際に用いる電波強度データを多大なコストをかけずに収集する方法を提案している。RSSI方式で位置推定を行うためには、検出したい位置における電波強度データを取得しておく必要がある。しかし、前述した通り電波環境の変化によって推定精度は劣化する問題点がある。高い推定精度を保つためには変化する電波環境に対応した、電波強度データを作成する必要がある。しかし、電波強度マップを更新する作業は、一般的に既知の位置に対する各基地局の電波強度を手で測定する必要があるため膨大な人的労力、時間、コストがかかる問題がある。特許文献4では、これらのコストを要せずに動的に電波強度マップを更新するために、測定対象である移動端末が受信した各基地局の電波強度データを、最も近傍に位置する基地局の位置における電波強度データとして記録する方法を提案している。移動端末に最も近傍している基地局の選定の仕方は、受信した電波強度の中から最も強いもの（電波強度は距離の二乗に反比例して減衰する）、すなわち最も距離が近いものを選択する。この収集方法では、基地局の近傍エリア以外のエリアの電波強度データが取得できないため、それらを補間する方法を提案している。基地局の位置が既知であり、基地局間の距離が既知である時、移動端末が受信した各基地局の信号の大きさが分かる（つまり、各基地局と移動端末の距離が分かる）ので、横軸に各基地局までの距離、縦軸に各基地局の電波強度をプロットし、最適の減衰曲線を求めることで移動体端末周辺の電波強度分布が求まる。

20

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2009-85780号公報

【特許文献2】特開2001-275148号公報

【特許文献3】特開2007-13500号公報

【特許文献4】特開2009-55138号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかし、上記の手法は、例えば基地局と移動局の間に見通しがなく（このような状態を以下、NLOS（Non Line of sight）と呼ぶ。）、直接波が届かずに反射波のみで伝播経路が構成される場合や、直接波による測定が十分に行なえない場合に、正しく位置を推定することは非常に難しい。

【0015】

例えば特許文献2の方法では、NLOSの状態にあったとしても、時間的な経過により移動局の移動や環境の変化などで、NLOSの状態が一時的にでも解消し、直接波が到達

50

すると仮定している。例えば屋外で移動局が道路上を継続的に移動しており、ビルなどの建築物の影響で一時的にNLOS状態となっている場合は、時間的経過によってLOS状態(Line of sight:見通しがある状態)とNLOS状態が交互に遷移し、長期的にみれば直接波による距離計測が可能な場合も多くある。このような場合では、文献2でもある程度正しく位置を推定可能である。しかし、たとえばオフィス空間などの屋内環境で人や物体を対象とした位置検知を行う場合は、室内の壁や棚などの構造物によりNLOS状態になると、検知対象が継続的に移動しない場合が多いため、なかなかNLOS状態が解消しないといった課題がある。特許文献2の方法では、このような課題に対処できない。たとえば電波の場合、電波暗室でない屋内など周囲に電波を良く反射する壁面のある環境などでは、直接波と反射波が複雑に混在することになるが、このような場合に電波の強度や雑音などの問題で、直接波を取り逃がす場合がよく起こり得る。このような場合、直接波を受信できる頻度が問題となり、頻度が低い場合には、十分な精度で位置測位が出来ないといった問題も起こる。

10

## 【0016】

また、特許文献3の方法では、特にAOA方式の分解能が高い基地局近くに移動局がある場合に反射波を拾ってしまうと、移動局が遠方にある場合よりも信号の入射角が大きく変わり、位置精度を大きく低下させる原因となる。

## 【0017】

また、特許文献4の方法では、移動局の位置の電波強度を近似的に基地局の位置の電波強度としているために、基地局間の間隔が広ければ広いほど、位置推定精度は大きく低下するという問題がある。

20

## 【0018】

上記問題に鑑み、本発明は、位置推定のための初期値をバイアス量分布マップから得ることにより、位置推定の演算を収束させるまでの時間を短縮するとともに、高い精度で移動局の位置を推定することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0019】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、予め位置が特定されている複数の基地局と位置推定対象である複数の移動局との一方向又は双方向通信により取得した所定の信号に基づき移動局の位置を推定する位置推定部と、前記位置推定部により推定された移動局の位置を用いて該位置を推定された移動局と前記複数の基地局との距離に含まれるバイアス量を推定するバイアス量推定部と、バイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させて前記バイアス量分布マップを生成することにより、バイアス量分布を取得するバイアス量分布取得部と、前記位置推定部により推定された移動局の位置と、前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布の該移動局の位置に対応するバイアス量から前記移動局の位置の推定のための初期値を求めるバイアス量推定部と、を備えることを特徴とする位置推定装置が提供される。

30

## 【0020】

通常、TOA方式で位置推定を行う場合、最低3つの基地局からの観測値があれば位置を求めることが出来るが、バイアス量を多く含む精度の悪い観測値が含まれていると、3円が重畳する領域が大きくなり推定される位置の精度は悪くなる。この状態で繰り返しバイアス量を推定した場合、収束までに多くの計算時間を要し、推定されたバイアス量の精度も悪くなってしまいう問題がある。また、一度バイアス量を推定した位置に対して再度位置推定を行う場合に、初期値を一様乱数で与えているため、過去に推定したバイアス量を扱えず、同じだけの計算時間がかかるという問題もある。

40

## 【0021】

これに対して、かかる構成によれば、推定したバイアス量を推定した位置情報と対応付けて、バイアス量分布マップ上に記憶することにより、バイアス量の分布状態を容易に把握することができる。これにより、バイアス量分布マップを用いて位置推定のための初期値を求めることにより、想定される誤差分を含まない初期値を算出することができる。こ

50

れにより、位置推定の演算を収束させるまでの時間を短縮するとともに、高い精度で移動局の位置を推定することができる。また、見通しのないNLOS環境や、反射波の発生しやすい環境に対する耐性が得られる。前記移動局の位置の推定のための初期値をバイアス量分布マップの該当バイアス量に基づき得ることができる。この結果、移動局の位置を推定するための初期値に含まれる想定誤差分（バイアス量）を除くことができるため、位置推定の演算を収束させるまでの時間を短縮することができる。また、高い精度で移動局の位置を推定することができる。

【0022】

前記バイアス量推定部は、前記基地局毎のバイアス量分布マップのうち、前記バイアス量分布の分散が小さい方から3つ以上のバイアス量分布マップを選択し、該選択したバイアス量分布マップのバイアス量分布を用いて前記移動局の位置を推定のための初期値を求めてもよい。

10

【0023】

前記バイアス量推定部は、前記バイアス量分布マップに含まれる、前記推定された移動局の位置に対するバイアス量の確率密度分布が閾値以上のバイアス量のみを移動局の位置の推定のための初期値に用いてもよい。

【0024】

前記バイアス量分布取得部は、前記バイアス量分布マップ上の前記移動局の推定位置にバイアス量が記憶されていないとき、近傍の位置に記憶されたバイアス量により該記憶されていないバイアス量を補間してもよい。

20

【0025】

前記バイアス量分布取得部は、前記複数の移動局に対してそれぞれ推定された複数の移動局の位置に前記推定されたバイアス量のそれぞれを記憶することによりバイアス量分布マップを更新してもよい。

【0026】

前記位置推定部は、前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布を前記複数の移動局の位置の推定のための初期値を求めるために共通して使用してもよい。

【0027】

前記バイアス量分布取得部は、基地局毎に前記バイアス量分布マップを生成してもよい。

30

【0028】

前記推定された移動局の位置と前記推定されたバイアス量とを関連付けて記憶するバイアス量記憶部をさらに備え、前記バイアス量分布取得部は、前記バイアス量記憶部に一定時間内に記憶されたバイアス量に基づき前記バイアス量分布マップを更新してもよい。

【0029】

前記位置推定部は、前記取得した所定の信号に基づき、前記複数の基地局のそれぞれと前記移動局との距離を第1の距離として基地局毎に計測する距離計測部と、今回、前記距離計測部により計測された前記複数の基地局のうちの一の基地局と前記移動局との前記第1の距離に含まれるバイアス量を、前回又は前回より前に前記複数の基地局のうち他の複数の基地局と前記移動局との前記第1の距離に含まれると推定されたバイアス量を用いて推定する誤差推定部とを有し、前記バイアス量推定部は、前記距離計測部により計測された前記第1の距離、及び前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布を用いて前記移動局の位置を推定するための初期値を求めてもよい。

40

【0030】

前記誤差推定部は、前記第1の距離に基づき各基地局と前記移動局と間の確からしい距離を推定するための複数の状態ベクトルの密度分布を推定し、前記推定された状態ベクトルの密度分布に基づき前記各基地局及び前記移動局間の確からしい距離として第2の距離を算出し、前記バイアス量推定部は、前記第2の距離及び前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布に基づき前記移動局の位置を推定するための初期値を求めてもよい。

50

## 【 0 0 3 1 】

前記バイアス量分布取得部は、前記第 2 の距離を用いて推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させてバイアス量分布マップを更新してもよい。

## 【 0 0 3 2 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、位置推定部が、予め位置が特定されている複数の基地局と位置推定対象である複数の移動局との一方向又は双方向通信により取得した所定の信号に基づき各移動局の位置を推定するステップと、バイアス量推定部が、前記位置推定部により推定された移動局の位置を用いて該位置を推定された移動局と前記複数の基地局との距離に含まれるバイアス量を推定するステップと、バイアス量分布取得部が、バイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させて前記バイアス量分布マップを生成することにより、バイアス量分布を取得するステップと、バイアス量推定部が、前記位置推定部により推定された移動局の位置と、前記バイアス量分布取得部により取得されたバイアス量分布の該移動局の位置に対応するバイアス量から前記移動局の位置の推定のための初期値を求めるステップと、を含むことを特徴とする位置推定方法が提供される。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 3 3 】

以上説明したように本発明によれば、NLOS状態の場合や直接波と反射波が混在して受信するような環境下であっても、位置推定のための初期値をバイアス量分布マップから得ることにより、位置推定の演算を収束させるまでの時間を短縮しながら、高い精度で移動局の位置を推定することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 3 4 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る位置推定システムの全体構成を示した図である。

【図 2】直接波及び反射波を説明するための図である。

【図 3】同実施形態に係る位置推定装置の内部構成を示した図である。

【図 4】同実施形態に係る位置推定処理を示したフローチャートである。

【図 5】同実施形態に係る位置推定方法を説明するための図である。

【図 6】同実施形態に係る位置推定方法を説明するための図である。

【図 7】同実施形態に係る位置推定方法を説明するための図である。

【図 8】同実施形態に係る状態ベクトルの収束過程を概念的に示した図である。

【図 9】同実施形態に係るバイアス量分布マップの一例を示した図である。

【図 10】同実施形態に係るバイアス量記憶部の記憶状態の一例を示した図である。

【図 11】同実施形態に係るバイアス量の分布の一例を示した図である。

【図 12】複数の基地局のある推定位置でのバイアス量の確率密度分布の違いを示した図である。

【図 13】ある推定位置でのバイアス量の確率密度分布の一例を示した図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 3 5 】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

## 【 0 0 3 6 】

## [位置推定システムの全体構成]

まず、本発明の一実施形態に係る位置推定システムの全体構成について図 1 を参照しながら説明する。本実施形態に係る位置推定システム 10 は、複数の移動局として第 1 の移動局 101、第 2 の移動局 102、複数の基地局として第 1 の基地局 201、第 2 の基地局 202、第 3 の基地局 203 及び第 4 の基地局 204 を有している。位置推定システム 10 は、第 1 の移動局 101 及び第 2 の移動局 102 の位置を推定する。第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 は、位置が既知、もしくは位置推定演算時にその位置が取得で

き、移動局 101, 102 との一方又は双方向通信が可能である。位置推定システム 10 は、基地局 201 ~ 204 と移動局 101, 102 との通信の結果、取得した所定の信号に基づき移動局 101, 102 の位置を推定する。この推定結果を複数の移動局で共有し、各移動局の位置の推定に用いる。各移動局の推定結果の共有の仕方は、各移動局同士が通信を行って共有しても良いし、各移動局の推定結果を外部に記憶し共有しても良い。移動局と基地局との通信結果は、移動局毎に ID を付加するなどして、複数の移動局の識別が可能である。

#### 【0037】

第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 は、例えば屋内の無線 LAN の基地局や携帯電話の基地局等のように設置されている。また、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 は、測位信号にデータを付加することで、通信網としての共用も可能である。また、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 の位置を特定する手段があれば、基地局を固定する必要はなく、移動局 101, 102 と同様に可動式の形態としても良い。

#### 【0038】

移動局 101, 102 としては、PC (Personal Computer) やセンサーネットワークのノード、携帯電話、PDA (Personal Digital Assistant)、アクティブタグなど、様々な形態への適用が可能である。ここでは、移動局が 2 局、基地局が 4 局の例をあげて説明するが、移動局は 1 局でも 3 局以上でも良く、また、基地局も 2 局以上であれば何局であっても良い。通常、3 辺測量による位置の推定には 3 局以上の基地局が必要だが、電波以外に位置に関連する制約条件 (たとえば人がいる領域がある程度決まっている場合など) がある場合、基地局が 2 局であっても位置を推定することができる場合がある。例えば 2 つの基地局からの距離がそれぞれ x メートルと y メートルとなるエリアは、空間内には環状に存在するが、そのうちオフィスフロア (たとえば床面から 1 m 上部にある平面) やオフィス内で人が移動可能な範囲などの制約条件との交点を求めると、1 点が得られる場合がある。このような場合は、2 局からでも位置検知が可能である。

#### 【0039】

##### [ 位置推定装置の内部構成 ]

図 3 に、本実施形態に係る位置推定装置 300 の内部構成 (ブロック) 図を示す。位置推定装置 300 は、基地局に内蔵されていてもよいし、移動局に内蔵されていてもよい。基地局や移動局と別体で存在していてもよい。位置推定装置 300 は、距離計測部 310、誤差推定部 320、誤差記憶部 330、位置推定部 340、バイアス量推定部 350、バイアス量記憶部 360 及びバイアス量分布取得部 370 を有している。

#### 【0040】

距離計測部 310 は、第 1 の測距部 311、第 2 の測距部 312、第 3 の測距部 313 及び第 4 の測距部 314 を有している。第 1 の測距部 311 ~ 第 4 の測距部 314 は、移動局 101, 102 と第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 との通信により取得した所定の信号に基づき、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 と移動局 101, 102 との観測距離を基地局毎に計測する。すなわち、第 1 の測距部 311 ~ 第 4 の測距部 314 は、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 から、移動局 101, 102 との通信結果 (上記所定の信号に相当) を取得し、移動局 101, 102 とそれぞれの基地局との観測距離を出力する。たとえば第 1 の測距部 311 は、移動局 101, 102 と第 1 の基地局 201 との間の通信結果から観測距離 (図 1 の  $D_{11}$ 、 $D_{21}$ ) を算出する。同様に、第 2 の測距部 312、第 3 の測距部 313 及び第 4 の測距部 314 は、移動局 101, 102 との通信結果から観測距離  $D_{12}$ 、 $D_{22}$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{23}$ 、 $D_{14}$ 、 $D_{24}$  を算出する。このとき、各基地局 201 ~ 204 の通信結果がどの移動局との通信結果であるかは、前述したように ID によって識別可能である。

#### 【0041】

なお、各測距部で距離を求めるために用いた通信結果は、必ずしも基地局から得る必要はなく、移動局側で収集したのち、特定の基地局へ複数基地局分をまとめて渡してもよい

10

20

30

40

50

し、別の通信路で測距部へ渡しても良い。この通信路やプロトコルについては、いかなる方法でも可能である。

【 0 0 4 2 】

第 1 の測距部 3 1 1 ~ 第 4 の測距部 3 1 4 は、前記所定の信号（通信結果）から第 1 の基地局 2 0 1 ~ 第 4 の基地局 2 0 4 及び移動局 1 0 1 , 1 0 2 間の信号の伝搬時間を計測し、計測された伝搬時間に所与の伝搬速度を乗算することによって観測距離をそれぞれ算出する。図 2 に示したように、算出された第 1 の基地局 2 0 1 ~ 第 4 の基地局 2 0 4 と移動局 1 0 1 , 1 0 2 との間の観測距離は、何らの障害物がない場合、観測距離  $D_{11}$ 、 $D_{12}$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{14}$  となる。しかしながら、実際には、経路途中の構造物  $O_b$  などにより反射が発生し、このような反射波を用いて距離が計測されるため、直線距離  $D_{11}$  よりも長い観測距離  $D_{11}'$  が算出される場合がある。

10

【 0 0 4 3 】

なお、第 1 の測距部 3 1 1 ~ 第 4 の測距部 3 1 4 は、所定時間毎に前記所定の信号を取得し、取得した所定の信号に基づき所定時間毎に観測距離を計測することを繰り返す。各基地局及び移動局間の観測距離は、距離計測部 3 1 0 により計測される第 1 の距離に相当する。

【 0 0 4 4 】

誤差推定部 3 2 0 は、第 1 の誤差推定部 3 2 1、第 2 の誤差推定部 3 2 2、第 3 の誤差推定部 3 2 3 及び第 4 の誤差推定部 3 2 4 を有している。第 1 の誤差推定部 3 2 1 ~ 第 4 の誤差推定部 3 2 4 は、第 1 の測距部 3 1 1 ~ 第 4 の測距部 3 1 4 により計測された観測距離と、過去の履歴等から推定した誤差の分布に加え、今現在観測された観測値を用いて暫定的な位置が求められており、バイアス量推定部 3 5 0 により、その位置に対応するバイアス量がバイアス量分布マップから求められているから、そのバイアス量を観測誤差の初期値として、移動局の距離(位置)を推定する。

20

【 0 0 4 5 】

具体的には、第 1 の誤差推定部 3 2 1 ~ 第 4 の誤差推定部 3 2 4 は、基地局と移動局との観測距離に含まれるバイアス量を、基地局毎に生成されたバイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に対応して記憶されたバイアス量を用いて推定する。

【 0 0 4 6 】

バイアス量  $b$  は、図 2 の反射経路  $D_{11}'$  に示したように、直線距離  $D_{11}$  に対して観測距離に含まれる誤差値（伸び量）である。たとえば第 1 の基地局 2 0 1 と移動局 1 0 1 , 1 0 2 との間に電波を通さない障害物  $O_b$  があると、電波は、たとえば建物  $B_r$  の壁を反射して基地局まで到達する。このときの観測距離は  $D_{11}'$  となり、第 1 の基地局 2 0 1 及び移動局 1 0 1 , 1 0 2 間の真の距離よりバイアス量  $b$  だけ長くなる。

30

【 0 0 4 7 】

第 1 の誤差推定部 3 2 1 ~ 第 4 の誤差推定部 3 2 4 は、状態ベクトルの密度分布に基づきバイアス量を求め、求められたバイアス量と観測距離とから各基地局と移動局との誤差量を取り除いた各基地局と移動局との確からしい距離を算出する。より具体的には、第 1 の誤差推定部 3 2 1 ~ 第 4 の誤差推定部 3 2 4 は、観測距離に基づき各基地局及び移動局間の確からしい距離を推定するための複数の状態ベクトルの密度分布を推定し、前記推定された状態ベクトルの密度分布に基づき前記各基地局及び前記移動局間の確からしい距離を算出する。なお、第 1 の距離から各基地局と移動局との誤差量を取り除いた（各基地局と移動局との確からしい）距離は、第 2 の距離に相当する。

40

【 0 0 4 8 】

第 1 の誤差推定部 3 2 1 ~ 第 4 の誤差推定部 3 2 4 は、状態ベクトルの密度分布の分散値と所与の閾値とを比較することにより、状態ベクトルの密度分布が収束していると判断した場合、求められたバイアス量と観測距離とから第 2 の距離を算出する。一方、第 1 の誤差推定部 3 2 1 ~ 第 4 の誤差推定部 3 2 4 は、状態ベクトルの密度分布の分散値と所与の閾値とを比較することにより、状態ベクトルの密度分布が収束していないと判断した場合、観測距離をそのまま前記第 2 の距離とする。

50

## 【 0 0 4 9 】

第1の誤差推定部321～第4の誤差推定部324は、前記第1の距離が計測される都度、上記の方法で状態ベクトル密度分布を更新し、更新された状態ベクトル密度分布に基づき第2の距離を算出する。

## 【 0 0 5 0 】

誤差記憶部330は、第1の誤差記憶部331、第2の誤差記憶部332、第3の誤差記憶部333及び第4の誤差記憶部334を有している。第1の誤差記憶部331～第4の誤差記憶部334は、たとえばバイアス量等の過去の誤差の推定値や誤差を推定するための状態ベクトルを記憶する。

## 【 0 0 5 1 】

よって、今回、第1の測距部311～第4の測距部314のいずれかにより計測される一の基地局と移動局との観測距離に含まれるバイアス量は、第1の誤差記憶部331～第4の誤差記憶部334に記憶された、前回又は前回より前に他の複数の基地局と移動局との観測距離に含まれると推定されたバイアス量を用いて推定されることとなる。

## 【 0 0 5 2 】

位置推定部340は、予め位置が特定されている複数の基地局と位置推定対象である複数の移動局との一方向又は双方向通信により取得した所定の信号に基づき移動局の位置を推定する。具体的には、位置推定部340は、第1の測距部311～第4の測距部314により算出された各基地局及び移動局間の観測距離を用いて第1の移動局101及び第2の移動局102の位置を推定する。第1の移動局101及び第2の移動局102の位置を推定する際には、算出された第2の距離を用いてもよい。位置の推定に当たっては、次に説明するバイアス量推定部350により求められたバイアス量を初期値として用いる。

## 【 0 0 5 3 】

バイアス量推定部350は、位置推定部340が計算した第1の移動局101及び第2の移動局102の推定位置(x、y)と基地局の位置と観測距離から、推定位置に対応したバイアス量を求める。すなわち、バイアス量推定部350は、バイアス量分布マップの移動局102の推定位置(x、y)に記憶されたバイアス量を求め、これらの情報から移動局の推定のための初期値を算出する。

## 【 0 0 5 4 】

第1の誤差推定部321～第4の誤差推定部324は、後述するバイアス量分布取得部370により取得されたバイアス量分布を複数の移動局の推定初期位置を算出するために共通して使用する。

## 【 0 0 5 5 】

バイアス量記憶部360は、図10に示したように、観測時刻(時刻情報)361、移動局ID362、推定位置363(位置座標(x、y))及びバイアス量364を対応づけて記憶する。これらの情報は、基地局毎に記憶される。バイアス量記憶部360は、基地局の内部に持たせてもよいし、外部に記憶するようにしてもよい。なお、推定位置363(位置座標(x、y))及びバイアス量364以外の項目は、記憶されていたほうが好ましい情報であるが、なくてもよい。

## 【 0 0 5 6 】

バイアス量分布取得部370は、バイアス量記憶部360から推定位置363に対応するバイアス量364を取得し、位置情報に対してバイアス量がどのように分布しているかを求め、図11に示したようなバイアス量分布マップを作成し、提供する。つまり、バイアス量分布取得部370は、バイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させてバイアス量分布マップを生成することにより、バイアス量分布を取得する。バイアス量記憶部360にバイアス量の記憶がない場合(初期状態等)は、全ての位置でバイアス量が0の分布としてもよい。

## 【 0 0 5 7 】

バイアス量分布取得部370は、複数の移動局101、102に対してそれぞれ推定された複数の移動局の位置に前記推定されたバイアス量のそれぞれを記憶することによりバ

10

20

30

40

50

バイアス量分布マップを更新する。バイアス量分布取得部 370 は、基地局毎にバイアス量分布マップを生成する。

【0058】

なお、各部への指令は、専用の制御デバイスあるいはプログラムを実行する図示しない CPU により実行される。各プログラムやバイアス量分布マップは、図示しない ROM や不揮発性メモリに予め記憶されている。CPU が、これらのメモリから各プログラムを読み出し実行することにより、各部の各機能が実現される。

【0059】

[位置推定装置の動作]

次に、本実施形態に係る位置推定装置 300 の動作について、図 4 に示した移動局の位置推定処理を示したフローチャートを参照しながら説明する。ここでは、第 1 の測距部 311 により測定された観測距離から第 1 の誤差推定部 321 により推定された誤差（バイアス量）及びバイアス量分布マップの所定位置のバイアス量を用いて第 1 の基地局 201 と移動局 101, 102 との第 2 の距離（最も確からしい距離）を推定し、移動局 101, 102 の位置を推定する。

10

【0060】

第 2 の距離（最も確からしい距離）の推定手段は、状態ベクトルの初期化ステップで誤差を一様に与える代わりに、第 1 の距離から暫定の位置を求め、求めた位置に対応するバイアス量をバイアス量分布マップから求め、求められたバイアス量を用いて前記暫定の位置に含まれる想定誤差分を除いた値を算出し、この値を位置推定のための初期値として扱うことで、第 2 の距離を求める。以下に具体的に説明する。

20

【0061】

移動局の位置推定処理は、距離計測ステップ S301、バイアス量分布取得ステップ S302、状態ベクトル初期化ステップ S303、誤差推定ステップ（尤度算出ステップ S304、バイアス量推定ステップ S305）、出力ステップ S306 の順に実行される。

【0062】

（距離計測ステップ）

距離計測ステップ S301 では、図 7 に示すような従来技術により移動局及び基地局間の観測距離を算出する。たとえば、距離計測ステップ S301 では、距離計測部 310 が、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 と第 1 の移動局 101 及び第 2 の移動局 102 との通信により取得した所定の信号に基づき、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 と移動局 101, 102 との観測距離を基地局毎に計測する。以下に観測距離の計測方法について例を挙げて説明する。

30

【0063】

前述したように、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 は、第 1 の移動局 101 及び第 2 の移動局 102 と通信を行なう。第 1 の測距部 311 ~ 第 4 の測距部 314 は、第 1 の基地局 201 ~ 第 4 の基地局 204 のそれぞれと移動局 101, 102 との通信結果から、観測距離を算出する。

【0064】

第 1 の測距部 311 は、第 1 の基地局 201 と第 1 の移動局 101 との通信結果から、第 1 の基地局 201 と第 1 の移動局 101 との間の観測距離を求める。同様に、第 1 の基地局 201 と第 2 の移動局 102 との通信結果から、第 1 の基地局 201 と第 2 の移動局 102 との間の観測距離を求める。TOA 方式の場合は、例えば基地局と移動局の間で信号を送受信し、信号の伝播に要した時間に信号の伝播速度をかけることで、観測距離を求める。

40

【0065】

たとえば、第 1 の基地局 201 から移動局 101, 102 に送られる信号の発信時間をそれぞれ  $TS_{11}$ 、 $TS_{21}$  とし、第 1 の基地局 201 から移動局 101, 102 に信号が到達した後、移動局 101, 102 から信号を発信し、その信号を第 1 の基地局 201 が受信した時間をそれぞれ  $TR_{11}$ 、 $TR_{21}$  とし、移動局 101, 102 で信号を受信

50

してから信号を発信するまでの時間をそれぞれ  $t_{1m}$ 、 $t_{2m}$  とし、信号の伝播速度を  $c$  とすると、第1の測距部311では、第1の基地局201と第1の移動局101との観測距離  $D_{11}$ 、及び第1の基地局201と第2の移動局102との観測距離  $D_{21}$  を、以下のように求めることができる。

【0066】

【数1】

$$\begin{aligned} D_{11} &= c \times (TR_{11} - TS_{11} - t_{1m}) / 2 \\ D_{21} &= c \times (TR_{21} - TS_{21} - t_{2m}) / 2 \end{aligned} \quad \dots (1)$$

10

【0067】

移動局101、102と基地局201～204が時刻同期を行なっている場合、第1の移動局101が第1の基地局201に対して信号を発信した時刻を  $TM_{11}$ 、第1の基地局201が信号を受信した時刻を  $TB_{11}$ 、第2の移動局102が第1の基地局201に対して信号を発信した時刻を  $TM_{21}$ 、第1の基地局201が信号を受信した時刻を  $TB_{21}$  とすると、第1の基地局201と移動局101、102とのそれぞれの観測距離  $D_{11}$ 、 $D_{21}$  は、以下のように求めることもできる。

【0068】

【数2】

$$\begin{aligned} D_{11} &= c \times (TB_{11} - TM_{11}) \\ D_{21} &= c \times (TB_{21} - TM_{21}) \end{aligned} \quad \dots (2)$$

20

【0069】

(観測誤差と誤差推定)

移動局101と第2の基地局202～第4の基地局204との観測距離  $D_{12} \sim D_{14}$  についても、第2の測距部312～第4の測距部314により同様に求めることができる。また、RSSI方式の場合は、たとえば基地局と移動局が通信を行なった際の電波強度を得て、電波強度と距離との関係から観測距離を求めることができる。

30

【0070】

第1の測距部311～第4の測距部314で得られる観測距離  $D_{11} \sim D_{14}$ 、 $D_{21} \sim D_{24}$  は、観測値としての距離であり、実際の真の距離ではなく、様々な要因に基づく観測誤差  $e_{11} \sim e_{14}$ 、 $e_{21} \sim e_{24}$  を含む。真の距離を  $G_{11} \sim G_{14}$ 、 $G_{21} \sim G_{24}$  とすると、以下の関係が成り立つ。

【0071】

【数3】

$$D_{ij} = G_{ij} + e_{ij} \quad \dots (3)$$

ただし、 $i = 1 \sim 2$ 、 $j = 1 \sim 4$

40

【0072】

例えばTOA方式の場合には、信号の伝播時間を測定する際のクロックの分解能、揺らぎやクロック自身の誤差のほか、アンテナ(音波の場合はマイクロフォンなど)と信号を検波し受信時間を付与する部分までの伝送路内の伝播時間、検波処理時間等に誤差要因が存在しうる。TWR方式の場合には、通信の折り返しに必要な処理時間の推定誤差などの要因が発生しうる。また電波や音波等を利用するため、壁の反射などによる反射波の影響や多重反射と直接波の合成、壁などによる直接波の遮断や減衰などが起こりえるほか、電波環境・音波環境としての環境ノイズ重畳による検波ミスや誤検波なども発生する。このうち、位置や距離を測定するといった目的からは、反射波の影響が非常に大きく、反射波

50

を捉えてしまうと、反射経路の推定が難しいため直接波の伝播経路（例えば図2の $D_{11}$ ）より延びた反射波の伝播経路（例えば図2の $D_{11}'$ ）を、直接波の経路と誤って観測してしまい、大きな観測誤差が発生することになる。

【0073】

反射波による影響では、NLOS環境では常に反射波を捉えてしまい、非常に大きくて量がある程度固定的なバイアス的な誤差を生じうる。また、アンテナと検波回路までの伝播路の伝播時間は、アンテナの付け替えやケーブル長の影響により、量としては小さいもののバイアス的な誤差を生じうる。このようなバイアス的な誤差は、観測誤差の中ではある程度固定的な成分となるため、バイアス量 $b_{ij}$ と定義し、これと真の観測雑音 $e'_{ij}$ との合成を観測誤差 $e_{ij}$ と考えることができる。

10

【0074】

【数4】

$$e_{ij} = b_{ij} + e'_{ij} \quad \dots (4)$$

【0075】

NLOS環境で、非常に大きなバイアス量が生じた場合の補償を考えると、バイアス量と観測誤差の関係は $b_{ij} \gg e'_{ij}$ となることがあり、このような場合は、観測誤差とバイアス量との関係を以下の式のようにみなすこともできる。

【0076】

【数5】

$$e_{ij} \cong b_{ij} \quad \dots (5)$$

20

【0077】

またクロック分解能に起因する誤差やハードウェア上の熱雑音等、ある程度ランダム状、白色雑音状の誤差が発生しうるが、これは $e'_{ij}$ に分類可能である。これらのように、複数の要因による誤差が合成された観測誤差が発生する。

【0078】

前述したとおり、NLOS環境で、非常に大きなバイアス的な誤差が発生した場合、バイアス量 $b_{ij} > e'_{ij}$ となることがあり、このような場合に、バイアス量を推定できれば、距離精度や位置精度を飛躍的に向上させることができる。たとえばIR-UWB（Impulse Radio Ultra wide band）無線を利用したTOA/TDOA型の位置検知デバイスでは、反射波の影響などがないLOS環境においては、一般に距離や位置の検知精度が50cm程度といわれている。基地局の設置間隔を20m間隔とすると、NLOS環境では基地局と移動局間の観測距離に数m～十数mレベルのバイアス量が発生する場合があり、このバイアス量の分だけ位置の検知精度が劣化する。通常、位置検知を行なう場合は、位置が分かっている複数の基地局を利用し、移動局と複数の基地局との通信結果から位置を推定する。そのため、一つ一つの基地局のバイアス量を推定する場合に、他の基地局との通信結果を用いることができる。誤差の推定を逐次的に繰り返すことにより、バイアス量を精度良く推定できれば、最終的な距離や位置の精度をLOS環境に近づけることができる。

30

40

【0079】

（バイアス量分布取得ステップ）

バイアス量分布取得ステップS302では、後述するバイアス量推定ステップS305にて推定されるバイアス量をマッピングしたバイアス量分布マップに基づき観測位置のバイアス量を取得する。

【0080】

バイアス量分布マップは、図9に示したように、幅 $w$ 、高さ $h$ のテーブル構造を基地局毎に持ち、位置情報 $(x, y)$ に対応したバイアス量 $b$ を格納する。幅 $w$ は $x$ 座標に対応

50

し、高さhはy座標に対応する。x座標とy座標が交わる部分に、そのx座標及びy座標に対応するバイアス量bを格納する。たとえば、座標(i、j)の位置にはバイアス量b<sub>i j</sub>が格納されている。

【0081】

(状態ベクトル初期化ステップ)

状態ベクトル初期化ステップS303では、距離計測ステップS301にて計測された距離から算出される移動局の位置と、バイアス量分布取得ステップS302にてバイアス量分布マップに基づき取得された、前記移動局の位置に対するバイアス量に基づき、次の誤差推定ステップにて用いる移動局の推定のための初期値(初期位置)を求める。

【0082】

バイアス量分布マップに対応するバイアス量がない場合には、取り得る値の範囲にほぼ一様に分布する擬似乱数値や、平均a、分散<sup>2</sup>のガウス分布に従う乱数などを状態ベクトルに与えることができる(図8(a)を参照)。この状態ベクトルは、誤差記憶部330に記憶される。バイアス量がある場合には、推定バイアス量の初期値はバイアス量分布取得部370により得られるバイアス量に移動局の移動し得る確率に基づくランダム値を加算して用いる。

【0083】

(誤差推定)

誤差推定ステップ(尤度算出ステップS304、バイアス量推定ステップS305)では、誤差推定部320が、今回、距離計測ステップS301にて計測された第1の基地局201~第4の基地局204のうちの一の基地局と移動局101、102との観測距離に含まれる誤差量をバイアス量として推定する。

【0084】

第1の誤差推定部321~第4の誤差推定部324では、第1の測距部311~第4の測距部314から得られた観測距離D<sub>11</sub>~D<sub>14</sub>、D<sub>21</sub>~D<sub>24</sub>から推定距離g<sub>11</sub>~g<sub>14</sub>、g<sub>21</sub>~g<sub>24</sub>および推定バイアス量b<sub>11</sub>~b<sub>14</sub>、b<sub>21</sub>~b<sub>24</sub>を推定する。ここでは、第1の誤差推定部321について記載するが、第2の誤差推定部322~第4の誤差推定部324についても同様な処理でバイアス量を推定することが可能である。

【0085】

第1の誤差推定部321では、N個の状態ベクトルを用いてバイアス量b<sub>11</sub>を推定し推定距離g<sub>11</sub>を求める。Nは、値が大きくなるほど精度良く観測誤差を推定できる可能性が高まるが、一方で処理量がNに比例して高くなるため、10~数千程度の範囲の値が良く用いられる。

【0086】

N個の状態ベクトルを、以下の式(6)と定義する。

【数6】

$$\{X_i^i\}_{i=1}^N \dots \dots \dots (6)$$

【0087】

ここでtは観測時刻を示し、t=0は初期状態、t=1は、観測開始後最初に得られた観測値に基づく状態ベクトルである。また1個の状態ベクトルの一例を、たとえば以下のように表現できる。

【数7】

$$X_i^i = [g_i^i, b_i^i]^T \dots \dots \dots (7)$$

10

20

30

40

50

ただし、 $i = 1, \dots, N$

【0088】

ここで、 $g^i_t$ は、時刻  $t$  における基地局と移動局間の推定距離を指し、 $b^i_t$ は、時刻  $t$  における推定バイアス量を指す。状態ベクトルの要素は、推定距離  $g^i_t$  のみでもよいし、推定バイアス量  $b^i_t$  のみでもよい。また、移動局がある程度一定の速度で移動していると仮定し、状態ベクトルに速度項を付加するなど、1次元、2次元以上の次元であってもよいが、ここでは、推定距離と推定バイアスの2次元の例に基づき説明を行う。

【0089】

以下では、第1の移動局と基地局201~204との距離推定を例に挙げて、図4の各ステップについて説明を行うが、第2の移動局と基地局201~204との場合も処理は同様である。

10

【0090】

(尤度算出ステップ)

誤差推定ステップ中の尤度算出ステップS304では、観測値を用いて尤度を算出する。尤度は、第1の基地局201~第4の基地局204による測距結果である第1の測距部311~第4の測距部314の出力 $D_{11} \sim D_{14}$ と、それぞれの基地局の推定バイアス量を用いて対数尤度 $L^i_t$ を求める。座標( $g, b$ )における対数尤度関数 $L_t(g, b)$ を、次式で定める。

【0091】

【数8】

20

$$L_t(g, b) = \sum_x \sum_y \sum_z \log(P_{t,xyz}(g, b)) \dots \dots \dots (11)$$

【0092】

ここで、 $P_{t,xyz}(g, b)$ は、時刻  $t$  における  $x$  番目の基地局  $x$  と  $y$  番目の基地局  $y$  と  $z$  番目の基地局  $z$  と基地局の推定距離を用いて尤度を求める関数である。それぞれ時刻  $t$  で決定済の移動局までの推定距離  $g_x, g_y, g_z$  を使い、それぞれの位置に基づき3辺測量など従来技術の原理で求めた移動局101の仮想位置( $X_{xyz}, Y_{xyz}, Z_{xyz}$ )を移動局101の暫定的な位置とし、その暫定位置と第1の基地局201の距離から得られる距離  $g_{xyz}$  と、時刻  $t$  における観測距離  $D_{t,1}$  から  $g_{xyz}$  を減算した推定バイアス量  $b_{xyz} (= D_{t,1} - g_{xyz})$  とし、第1の基地局201の位置を( $X_B, Y_B, Z_B$ )とすると、距離  $g_{xyz}$  は、例えば次式で表すことができる。

30

【0093】

【数9】

$$g_{xyz} = \sqrt{(X_B - X_{xyz})^2 + (Y_B - Y_{xyz})^2 + (Z_B - Z_{xyz})^2} \dots \dots \dots (12)$$

【0094】

また、 $P_{t,xyz}(g, b)$ は、例えば次式で表すことができる。

40

【数10】

$$P_{t,xyz}(g, b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} \exp\left(-\frac{(g - g_{xyz})^2 + (b - b_{xyz})^2}{2\sigma_k^2}\right) \dots \dots \dots (13)$$

【0095】

$k$ は基地局  $k$  でのパラメータであり、基地局  $k$  からの観測値を基準に求めた標準偏差

50

を用いても良いし、誤差記憶部 330へ記録される観測時刻毎に得られる推定距離  $g_k$  の分布から得ても良い。このように、第1の基地局 201における推定距離と推定バイアス量からなる状態ベクトルの尤度計算に、他の基地局による観測値や推定値を用いるため、全体として基地局毎に異なるバイアス値の分布をしている場合に、時刻  $t$  が進むにつれて徐々に正しいバイアス値に収束させていくことが可能である。

【0096】

ここで、尤度関数  $L_t^i$  を、予測した状態ベクトル  $P$  の要素である  $(g_t^i, b_t^i)$  を用いて計算する。ただし、 $g_t^i$  が第1の基地局 201の観測距離  $D_{t,1}$  よりも大きい場合は、直接波による観測距離は、反射波による観測距離よりも小さくなるため、尤度  $L_t^i$  を低く変更しても良く、また値 0 にしても良い。また、 $g_t^i$  が負数の場合、基地局からの距離が負になることはないので、同様に尤度  $L_t^i$  を低くしても良く、また値 0 にしても良い。 $b_t^i$  が観測距離  $D_{t,1}$  よりも大きい場合も、バイアス量が観測距離よりも大きいことは理論上考えられないため、同様に尤度  $L_t^i$  を低くしても良く、また値 0 にしても良い。

10

【0097】

(バイアス量推定ステップ)

バイアス量推定ステップ S305 では、 $i = 1, \dots, N$  の  $P_t^i$  の分布確率  $Pd_t^i$  を次式で求める。

20

【数 11】

$$Pd_t^i = \frac{L_t^i}{\sum_{i=1}^N L_t^i} \cdot \dots \cdot \dots (14)$$

【0098】

この確率に基づき  $\{P_t^i\}_{i=1}^N$  から状態ベクトルを抽出 (図 8 (c), 図 8 (f) 参照) し、それらから次の時刻における状態確率モデル  $\{X_{t+1}^i\}_{i=1}^N$  を構成する (図 8 (d), 図 8 (g) 参照)。たとえば、確率  $Pd_t^i$  が閾値  $\alpha$  (たとえば、0.001 や 0.01 など) 以下の状態ベクトル  $P_t^i$  は消滅し  $\{X_{t+1}^i\}_{i=1}^N$  へは移動しない。閾値  $\beta$  (例えば 0.7 や 0.2 など) 以上の状態ベクトル  $P_t^i$  は、 $\{X_{t+1}^i\}_{i=1}^N$  が  $N$  個になるよう消滅した状態ベクトル数と同数だけ複製して増やして  $\{X_{t+1}^i\}_{i=1}^N$  へ移動する。閾値  $\beta$  以上の状態ベクトルが複数ある場合は、消滅した状態ベクトル数を閾値  $\beta$  以上の状態ベクトルで等分割し、その分それぞれ複製して増やしても良いし、尤度を重みとして、尤度が高いものをより多く複製して増やしても良い。また、閾値  $\alpha$  より大きく閾値  $\beta$  未満の状態ベクトルは、そのまま  $\{X_{t+1}^i\}_{i=1}^N$  へ移動するなどの方法をとることができる。

30

40

【0099】

第1の基地局201と移動局101の間の推定バイアス量  $b_1$  は、N個の  $b_{t+1}^i$  の平均や中央値で求める。第1の基地局201と移動局101との間の推定距離  $g_1$  は、N個の  $g_{t+1}^i$  の平均で求める。k-means法などでN個の状態ベクトル内にN個未満のクラスタを求め、もっとも多くの状態ベクトルが属するクラスタの平均値として求めても良い。(k-means法については、宮本定明著『クラスター分析入門 ファジィクラスタリングの理論と応用』森北出版株式会社、1999年などを参照)。これらのクラスタリングを、 $g$  と  $b$  それぞれで実施しても良いし、 $(g, b)$  の2次元空間で重心をとり求めても良い。

10

【0100】

(出力ステップ)

出力ステップS306では、状態確率モデル  $\{X_{t+1}^i\}_{i=1}^N$ 、推定距離  $g_1$ 、推定バイアス量  $b_1$  を誤差記憶部330へ記録する(図8(d), 図8(g)参照)。また、第1の基地局201と移動局101との間の推定距離  $g_1$  を位置推定部340へ出力する。

【0101】

20

N個の状態ベクトルが十分に収束していなければ、ステップS304及びステップS305を繰り返し、十分に収束してから出力ステップS306に進む。ただし、N個の状態ベクトルが十分に収束していなければ、観測距離  $D_{t, 1}$  を推定距離  $g_1$  として出力してもよい。十分に収束していないという判断は、例えば  $g_{t+1}^i$  の分布による標準偏差値が閾値以上、尤度の最大値が非常に低い等の指標がある。

【0102】

以上のようにして、図4の位置推定処理が所定時間経過毎に実行される。すなわち、時刻  $t$  で図4の位置推定処理を実行した後、次の時刻  $t+1$  で新しい観測距離  $D_{t+1, 1}$  が得られると、距離計測ステップS301から再び処理を始める。

【0103】

30

(誤差推定ステップ)

なお、誤差推定ステップ(S304、S305)では、第1の誤差記憶部331で保持している時刻  $t$  の状態ベクトルの分布から、時刻  $(t+1)$  の状態ベクトルを予測する。予測した時刻  $(t+1)$  の状態ベクトルを、以下のように定義する(図8(b), 図8(e)を参照)。

【0104】

【数12】

$$\{P_t^i\}_{i=1}^N \dots \dots \dots (8)$$

40

【0105】

【数13】

$$P_t^i = X_t^i + V_t^i \dots \dots \dots (9)$$

【0106】

【数 1 4】

$$P_i^t = [g_i^t, b_i^t]^T = [g_i^t + v_{g_i}^t, b_i^t + v_{b_i}^t]^T \cdot \dots \cdot (10)$$

ただし、 $i = 1, \dots, N$

$V_i^t = [v_{g_i}^t, v_{b_i}^t]$ 、 $v_{g_i}^t$ は平均0、分散 $\sigma_g^2$ のランダム誤差、 $v_{b_i}^t$ は平均0、分散 $\sigma_b^2$ のランダム誤差を与える。

【0107】

(位置推定)

位置推定部340は、誤差推定部320から得られる第1の移動局101及び基地局201～204間の推定距離 $g_1 \sim g_4$ を用いて位置推定を行う。図5を参照すると、推定距離 $g_1 \sim g_4$ が、基地局と移動局との間の距離の真値 $G_1 \sim G_4$ に等しい場合、各基地局からそれぞれの距離 $g_1 \sim g_4$ の円を描くと、円は移動局の位置で一点に交わり、位置を求めることができる。 10

【0108】

しかし、距離 $g_1 \sim g_4$ は推定量であり、真の距離とのズレが生じ得る。この場合、各基地局からそれぞれの距離 $g_1 \sim g_4$ の円を描くと、図6に示したように、円は移動局の位置で一点に交わず、距離の真値よりも大きい誤差を含むとすると、図6の斜線部分の範囲内のどこが移動局の位置なのかをさらに推定する必要が生じる。 20

【0109】

たとえば、各基地局の2局の組み合わせ(1, 4), (2, 4), (3, 4), (2, 3), (1, 3), (1, 2)について、2局それぞれからの距離の交点を2か所(1点で交わる場合は1か所、交わらない場合は、基地局間を直線で結ぶ直線上で、それぞれの基地局からの推定距離の比で求めた1点)求め、それらの点の重心を第1の移動局101の位置と推定する方法や、2局それぞれの交点2か所を通る線分を求め、3局～4局の基地局との距離で得られる2本の線分の交点を位置とし、もっとも密度の高い位置を第1の移動局101の推定位置としても良い。 30

【0110】

このほか、第1の基地局201～第4の基地局204の間のバイアス量 $b_1 \sim b_4$ を用い、基地局と移動局間の推定距離を $(D_i - b_i)$ (ただし $i = 1, \dots, 4$ )とし、これを前記 $g_i$ の代わりに用いて位置推定を行なうこともできる。また、両者の平均をとり、 $\frac{g_i + (D_i - b_i)}{2}$ を推定距離として位置推定に用いてもよい。また、位置推定部340にも、M個の状態ベクトルを与え、状態ベクトルを各基地局との距離により更新し、状態ベクトルの密度分布により位置推定を行ってもよい。 30

【0111】

バイアス量推定部350では、位置推定部340で推定した位置座標と各基地局の座標を用いてバイアス値 $b_1 \sim b_4$ の推定を行う。位置推定部340で推定した位置座標( $x_t, y_t$ )(ただし、 $t$ は時刻)と、位置が既知である $i$ 番目の基地局の位置座標( $X_i, Y_i$ )との距離 $g_i$ を次式で求める。 40

【0112】

【数 1 5】

$$g_i = \sqrt{(x_t - X_i)^2 + (y_t - Y_i)^2} \quad \dots \text{(式 1 5)}$$

【0113】

位置推定部340で推定した位置座標を正しい位置だと仮定すると、バイアス量 $b_i$ は 50

次式で求まる。

$$b_i = D_i - g_i \cdots \cdots (16)$$

ただし、 $D_i$  は基地局  $i$  の観測距離である。

【0114】

位置推定部340で推定した位置座標( $x_t$ 、 $y_t$ )とそれを用いて推定したバイアス量  $b_i$  をバイアス量記憶部360に記憶する。

【0115】

バイアス量記憶部360では、図10に示したように、基地局毎に観測時刻( $t$ )361、移動局ID( $i$ )362、位置座標( $x_t$ 、 $y_t$ )363、バイアス量  $b_i$  364を対応付けて記憶する。

10

【0116】

図11に示したように、バイアス量分布取得部370では、バイアス量記憶部360から位置座標( $x_t$ 、 $y_t$ )とバイアス量  $b_i$  とを取得し、位置座標に対応したバイアス量分布マップを基地局毎に作成、更新する。もし、バイアス量分布マップにバイアス量が存在していない場合は、近傍のバイアス量を利用して補間する。バイアス量分布マップにバイアス量が存在していない位置座標( $x_t$ 、 $y_t$ )のバイアス量  $\hat{b}_{ij}$

【数16】

$$b_i = D_i - g_i$$

20

は、例えば以下の式にて求めることができる。

【0117】

【数17】

$$\hat{b}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (b_k / d_k)}{\sum_{k=1}^N (1/d_k)}$$

30

・・・(式17)

ただし、

【数18】

$$d_k = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}$$

、 $N$  は近傍にあるバイアス値が存在するデータ数を示す。

【0118】

この他に、位置座標( $x$ 、 $y$ )に対するバイアス量を  $b = f(x, y)$  として2次元スプライン補間により、バイアス量が存在しない位置座標のバイアス量を補間してもよいし、存在する位置座標とバイアス量からカーネル密度推定を行い、密度関数を求め、バイアス量の補間を行ってもよい。

40

【0119】

また、同一位置でのバイアス量を確率密度分布によって、その位置における基地局毎の信頼度を判定することができる。図12に示したように、バイアス量分布マップに格納されている、ある時間幅のバイアス量に対して、全体を1として横軸にバイアス量、縦軸に確率をとった確率密度関数によって表す。平均を  $\mu$ 、分散を  $\sigma^2$  としたとき、バイアス量  $x$  に対する確率密度関数  $f(x)$  は次式で求まる。

【0120】

## 【数 19】

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

・・・ (式 18)

## 【0121】

ある位置に対する各基地局のバイアス量の分布の分散を比較することによって、基地局毎の信頼度を示すことができる。伝搬経路が安定している場合、推定されるバイアス量も安定するため分散<sup>2</sup>は小さくなる。一方、NLOS環境などで伝搬経路が安定していない場合、推定されるバイアス量は不安定となり、分散<sup>2</sup>は大きくなる。位置推定を行う際には、信頼度の高い(つまり、分散<sup>2</sup>が小さい)基地局から選択した、複数の基地局のバイアス量分布を利用することにより、早期にバイアス量を推定することができる。例えば、分散の小さい基地局のバイアス量分布を3局だけ利用し、他の基地局のバイアス量分布を位置推定に利用しないことにより、推定精度を維持したまま計算処理の負荷を軽減できる。なお、利用する基地局のバイアス量分布の個数は3局のみに限られず、3局以上であればよい。

10

## 【0122】

バイアス量推定部350は、位置推定部340で推定した最新のバイアス量に対する信頼度を確率密度関数によって判定することができる。具体的には、図13に示したように、ある基地局に対して推定したバイアス量を確率密度関数に当てはめ、予め定められた閾値以上の確率のバイアス量のみ位置推定に利用し、閾値以下の確率のバイアス量を位置推定に利用しない方法を用いてもよい。また、閾値以下の確率のバイアス量は、バイアス量記憶部360に保存しない。これによれば、バイアス量(距離の誤差量)を多く持つ精度の悪い観測値を効果的に位置推定から除くことができ、位置推定精度を高めることができる。また、初期値をバイアス量のバイアス量分布マップから得ることにより、高速にバイアス量を推定することができる。

20

## 【0123】

なお、閾値の決定方法としては、例えばTOA方式を用いた位置推定システムの場合、観測距離が移動局と基地局の真の距離より短くなることは原理的には起こりえないが、実際には計測上の誤差や計算精度等のシステムの誤りにより、観測距離が真の距離より短くなる場合がある。このような観測距離が含まれる場合、真の位置を推定することはできない。3円が重なる領域に真の位置が含まれないためである。真の距離よりも短くなる観測値を除くため、予め位置推定システムを用いて予備実験を行い、真の距離よりも短くなる観測距離の割合を求め、それを閾値として設定する。その他にも、真の距離より単純に確率が95%以上のバイアス量のみ信頼できる区間のバイアス量として位置推定に採用してもよい。また、確率が99%以上のバイアス量のみ信頼できる区間のバイアス量としてもよい。

30

## 【0124】

また、バイアス量分布マップに格納されている時刻情報を用いて、現時刻の近傍のデータのみを用いることにより、電波環境の変化、バイアス量の変化に追従した位置推定を実現することができる。確率密度関数の求め方は、ある時間幅のバイアス量に対して平均と分散とを求めることにより正規分布に近似して扱うことができる。他にも、カーネル密度推定やk-NN法などを用いても確率密度関数を求めることができる。

40

## 【0125】

バイアス量分布マップの共有の仕方は、移動局が個々に記憶し、互いに通信することによってマップ情報を共有してもよいし、外部に記憶することにより情報を共有するようにしてもよい。

## 【0126】

なお、位置推定方法は、以上に説明した方法以外の既存の方法を用いることができる。例えば、特開2009-47556号公報に記載のように、TOA(到来時間)方式とR

50

SS (受信信号強度)方式とにより位置を推定する方法を利用してもよい。この方法では、推定距離と波発生源から各座標までの実際の距離との差の二乗平均平方根を各座標において算出して、二乗平均平方根が最小となる座標を選択することにより位置を推定する。

【0127】

また、特表2004-530358号公報に記載のように、TOA (距離)とAOA (角度)を組み合わせて位置を推定するようにしてもよい。また、特開2008-249419号公報に記載のように、あらかじめ測定エリアをメッシュで分割 (障害物の周辺は大きく)し、対応座標を割り当てておく方法や、特開2006-3187号公報に記載された位置推定方法を用いることもできる。さらに、特表2009-515201号公報に記載されたTOA方式等を利用することも可能である。さらに、特開2009-55138号公報に記載された位置推定方法を利用することもできる。

10

【0128】

以上に説明したように、本実施形態に係る位置推定システム10によれば、バイアス量分布マップを用いて位置推定のための初期値を求めることにより、想定される誤差分を含まない初期値を算出することができる。これにより、位置推定の演算を収束させるまでの時間を短縮するとともに、高い精度で移動局の位置を推定することができる。また、見通しのないNLOS環境や、反射波の発生しやすい環境に対する耐性が得られる。

【0129】

通常、移動局が測定エリアを移動した際、基地局から得られた観測距離の中にはバイアス量を含んでいて、バイアス量が大きい場合には、図6に示したように真値を含む領域が大きくなり、正しく位置を推定することが困難になるため、逐次的に観測距離に含まれるバイアス量を計算し除くことにより、真値を含む領域を小さくすることにある程度の時間を要する。これに対して、本実施形態に係る位置推定方法によれば、初期状態からバイアス量が推定できているため、早期に真値を含む領域を小さくすることができ、位置推定の演算時間及びコストの削減を図ることができる。

20

【0130】

また、移動局が測定エリア内に複数存在する場合、本実施形態ではバイアス量分布マップを基地局毎に持ち、移動局同士で共有することにより、ある移動局で未知のエリアでも他の移動局で既知のエリアであれば、早期に位置推定が可能であり、測定エリア内に存在する移動局の数が多きほど、バイアス量分布マップに情報が多く集まり、バイアス量分布マップのバイアス量の精度を向上させることができる。

30

【0131】

また、NLOS環境かどうかを事前に設定する必要もなく、NLOS環境の場合に、NLOS環境の伝播経路の特性等を事前にモデル化して設定する必要もなく、伝播経路が未知である場合でも測位が可能のほか、動的に環境に追従することができるため、環境変化についても、従来方式よりも優れた精度で位置を検知可能である。

【0132】

通常、1個の移動局に対する位置検知は、複数の基地局との通信の結果に基づき遂行されるため、一部の基地局との通信結果がNLOS状態で劣化し、観測距離が実際の直線距離と異なった場合でも、他の複数の基地局との通信結果を用いると、直線距離と比較したNLOSによる観測距離の伸び量 (バイアス量) を含む誤差分布を推定できる場合がほとんどである。また、同一基地局との観測距離においても、長期的な分布をみると、移動速度が高速でないという条件下では直線距離を推定できる可能性は非常に高い。そのため、本実施形態では、複数の基地局との通信結果から得られる観測距離 (第1の距離) から、個々の基地局と移動局間の直線距離やNLOS等に起因するバイアス量を推定することができる。これにより、前記第1の距離及び今回推定されたバイアス量を用いて高い精度で移動局の位置を推定することができる。

40

【0133】

一般的には、基地局を多数配置すれば、確率的に信頼性の高い情報を収集する頻度も高くなり、位置精度を向上しやすいが、本発明を適用することで、基地局の設置数を増やさ

50

ずに位置精度を高めることが可能となり、設置コストを削減することも可能である。

【 0 1 3 4 】

上述した位置推定システムは、次のように応用することができる。例えば、通常、移動局は複数存在することがあるが、このような場合、移動局は移動局間でユニークなIDを発信することで、基地局は移動局毎にデータを収集することができる。また、基地局と移動局の通信上の関係は、逆（移動局が基地局との距離を収集する）でも良い。さらに、基地局の位置は、位置を知る方法があれば固定である必要はない。

【 0 1 3 5 】

さらに、バイアス量分布マップを誤差推定部320の処理に用いても良い。異なる特性をもつ移動局が存在した場合には、特性に合わせたバイアス量分布マップを複数用意してもよい。

10

【 0 1 3 6 】

なお、上記実施形態において、各部の動作は互いに関連しており、互いに関連を考慮しながら、一連の動作及び一連の処理として置き換えることができる。これにより、位置推定装置の実施形態を、位置推定方法の実施形態とすることができる。

【 0 1 3 7 】

これにより位置推定部が、予め位置が特定されている複数の基地局と位置推定対象である複数の移動局との一方向又は双方向通信により取得した所定の信号に基づき各移動局の位置を推定するステップと、バイアス量推定部が、前記位置推定部により推定された移動局の位置を用いて該位置を推定された移動局と前記複数の基地局との距離に含まれるバイアス量を推定するステップと、バイアス量分布取得部が、バイアス量分布マップ上の前記推定された移動局の位置に前記推定されたバイアス量を記憶させて前記バイアス量分布マップを生成することにより、バイアス量分布を取得するステップと、を含むことを特徴とする位置推定方法を提供することができる。

20

【 0 1 3 8 】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

30

【符号の説明】

【 0 1 3 9 】

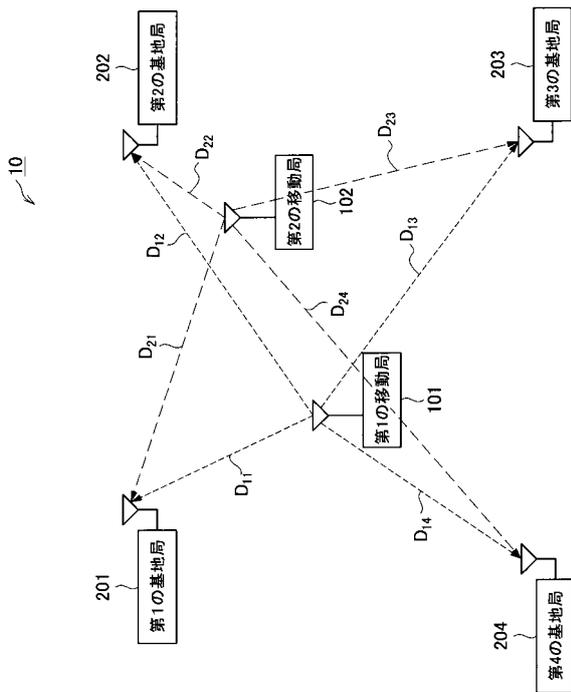
- 1 0 位置推定システム
- 1 0 1 第1の移動局
- 1 0 2 第2の移動局
- 2 0 1 第1の基地局
- 2 0 2 第2の基地局
- 2 0 3 第3の基地局
- 2 0 4 第4の基地局
- 3 1 0 距離計測部
- 3 1 1 第1の測距部
- 3 1 2 第2の測距部
- 3 1 3 第3の測距部
- 3 1 4 第4の測距部
- 3 2 0 誤差推定部
- 3 2 1 第1の誤差推定部
- 3 2 2 第2の誤差推定部
- 3 2 3 第3の誤差推定部
- 3 2 4 第4の誤差推定部
- 3 3 0 誤差記憶部

40

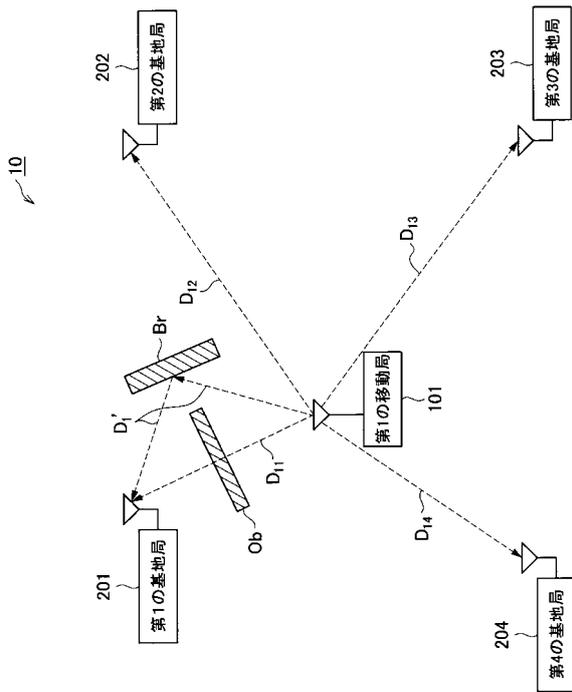
50

- 3 3 1 第1の誤差記憶部
- 3 3 2 第2の誤差記憶部
- 3 3 3 第3の誤差記憶部
- 3 3 4 第4の誤差記憶部
- 3 4 0 位置推定部
- 3 5 0 バイアス量推定部
- 3 6 0 バイアス量記憶部
- 3 7 0 バイアス量分布取得部

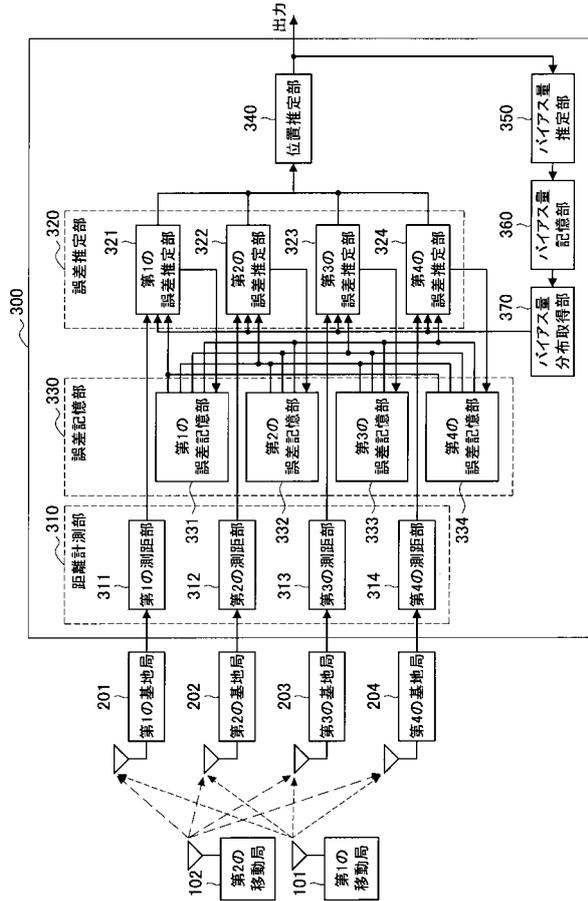
【図1】



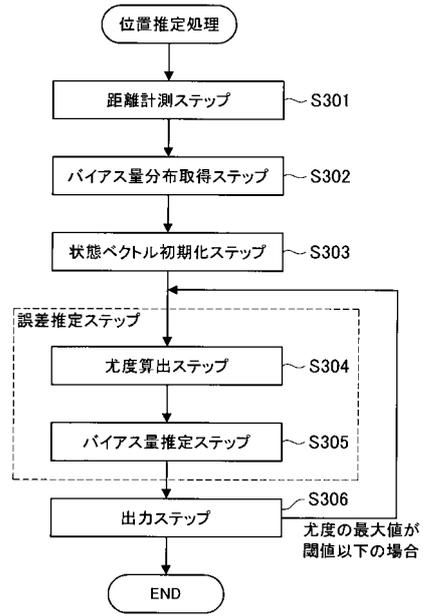
【図2】



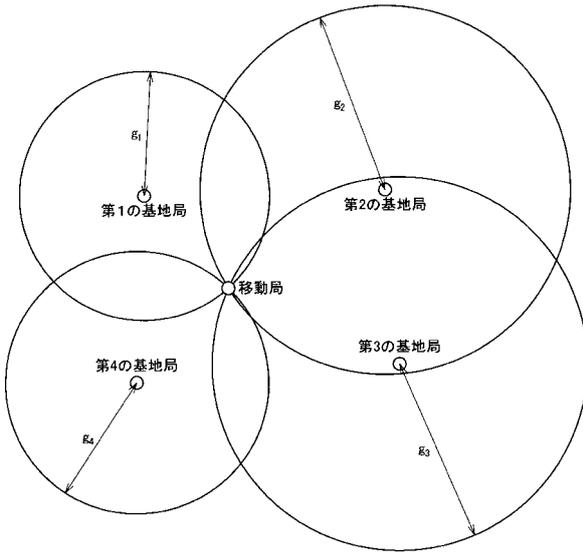
【図3】



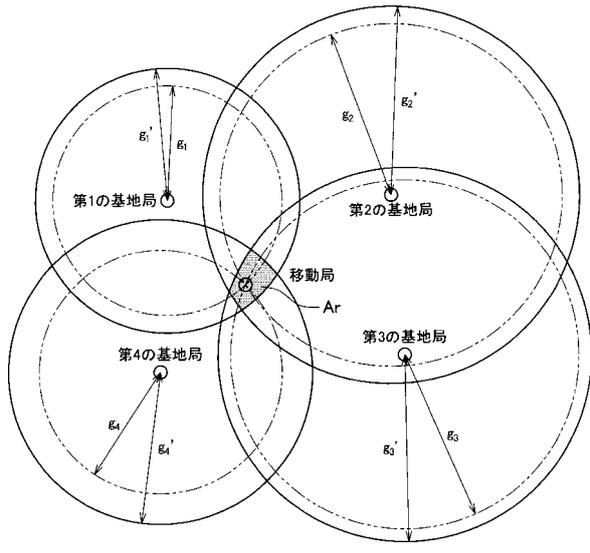
【図4】



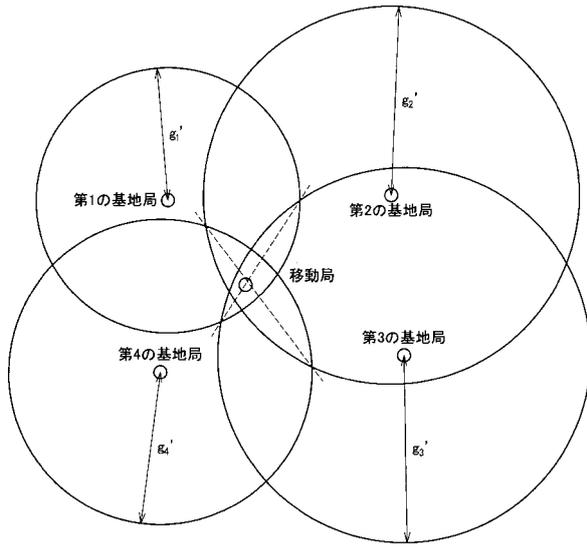
【図5】



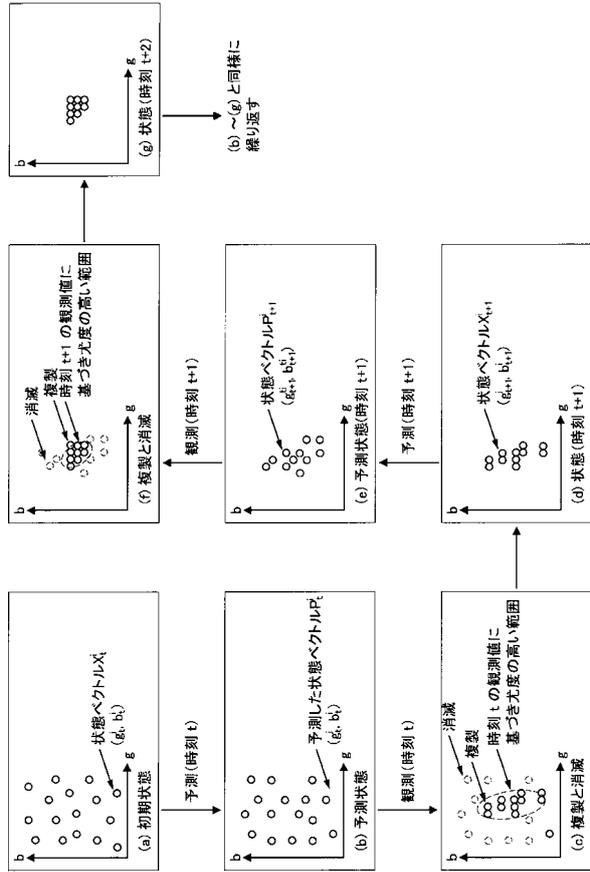
【図6】



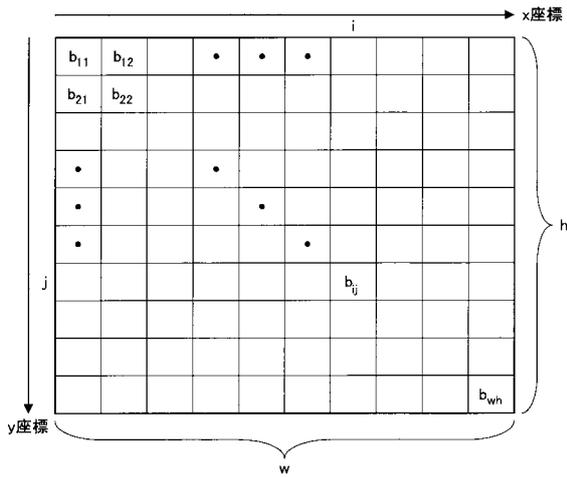
【図7】



【図8】



【図9】

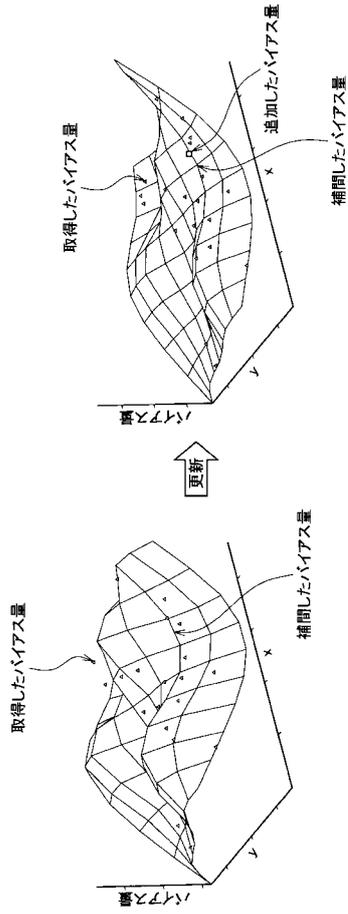


【図10】

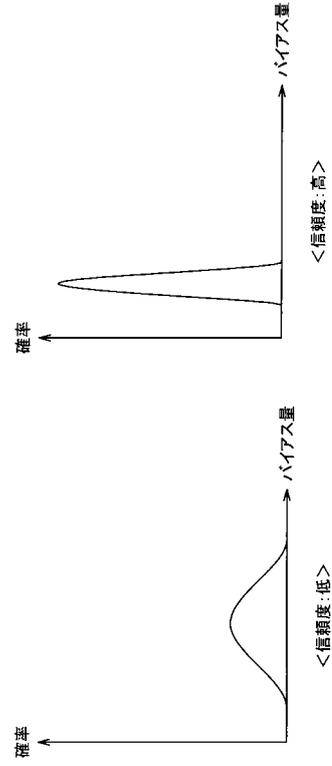
<基地局 i>

観測時刻	移動局 ID	位置座標 x	位置座標 y	バイアス量
1	1	4	5	3
1	1	3	2	3
1	2	6	7	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
t	1	3	2	4
t	1	3	1	1
t	2	2	6	2

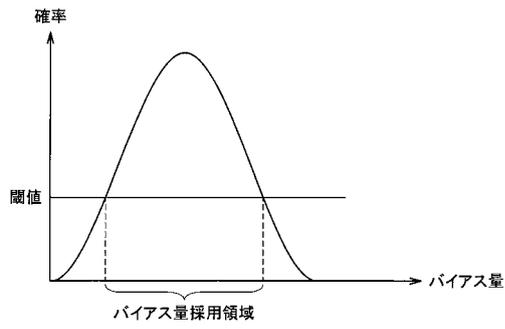
【図11】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

審査官 河内 悠

(56)参考文献 特開2005-049147(JP,A)  
特開2008-249640(JP,A)  
特開2011-058928(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00 - 5/14

G01S 19/00 - 19/55

H04W 64/00