

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4227009号
(P4227009)

(45) 発行日 平成21年2月18日(2009.2.18)

(24) 登録日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(51) Int. Cl. F I
GO1S 5/10 (2006.01) GO1S 5/10 Z
HO4W 64/00 (2009.01) HO4Q 7/00 509

請求項の数 12 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-426288 (P2003-426288)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成15年12月24日(2003.12.24)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2005-181255 (P2005-181255A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成17年7月7日(2005.7.7)	(74) 代理人	100075513
審査請求日	平成18年6月13日(2006.6.13)		弁理士 後藤 政喜
		(74) 代理人	100084537
			弁理士 松田 嘉夫
		(74) 代理人	100114236
			弁理士 藤井 正弘
		(72) 発明者	玉木 剛
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	矢野 隆
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測位システム、測位方法及び測位サーバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線端末と無線通信によって接続される少なくとも3つ以上の基地局がネットワークを介して測位サーバに接続されており、

前記基地局の1つは測位信号を前記無線端末および他の基地局に複数回送信し、

前記他の基地局は、複数回送信された測位信号を各々互いに異なる複数の受信条件で受信し、

前記無線端末は、前記複数回の測位信号の受信応答である測位信号応答を他の基地局に複数回送信し、

前記他の基地局は、複数回送信された測位信号応答を各々前記複数の受信条件で受信し、前記複数の受信条件における前記測位信号の受信時刻と前記受信条件における前記測位信号応答の受信時刻と前記複数の受信条件とに基づく信号到達時間情報を作成し、作成された前記信号到達時間情報を前記測位サーバに送信し、

前記測位サーバは、前記信号到達時間情報に基づいて前記無線端末の位置を算出し、

前記複数の受信条件は、前記他の基地局で前記信号を受信するためのアンテナの互いに異なる複数の指向性、前記他の基地局によって受信された前記信号の互いに異なる複数の偏波、および前記他の基地局によって受信された前記信号の互いに異なる複数の周波数、のうちの少なくとも1つから選択されることを特徴とする測位システム。

【請求項2】

請求項1において、

10

20

前記測位サーバは、前記複数の受信条件の1つで前記測位信号を受信した時刻および前記複数の受信条件の1つで前記測位信号応答を受信した時刻に係る複数の時間情報の複数の組合せについて前記無線端末の位置を計算し、該複数の計算結果から最も誤差の小さい結果のものを選択することを特徴とする測位システム。

【請求項3】

請求項1において、

前記基地局は、前記無線端末からの受信信号強度が最も強くなるように前記受信条件を選択し、前記選択された前記受信条件で前記無線端末からの信号を受信することを特徴とする測位システム。

【請求項4】

請求項1において、

前記基地局は、前記無線端末からの信号を受信する所定の回数毎に前記受信条件を選択することを特徴とする測位システム。

【請求項5】

請求項1において、

前記複数の受信条件として、前記基地局にて前記信号を受信するための互いに異なる複数の送信電力が用いられることを特徴とする測位システム。

【請求項6】

無線端末と、無線通信によって前記無線端末と接続される少なくとも3つ以上の基地局とを含んで成る測位システムにて用いられ、かつ、前記基地局の何れか1つ又は前記無線端末から送信された信号の各基地局における信号到達時間情報に基づいて、前記無線端末の位置を測定するのに用いられる測位方法であって、

前記基地局の1つが、測位信号を前記無線端末および他の基地局に複数回送信する第1のステップと、

複数回送信された測位信号を各々互いに異なる複数の受信条件で前記他の基地局によって受信する第2ステップと、

前記無線端末が、前記複数回の測位信号の受信応答である測位信号応答を他の基地局に複数回送信する第3ステップと、

複数回送信された測位信号応答を各々前記複数の受信条件で前記他の基地局によって受信する第4のステップと、

前記複数の受信条件における前記測位信号の受信時刻と前記受信条件における前記測位信号応答の受信時刻と前記複数の受信条件とに基づく信号到達時間情報を前記他の基地局によって作成する第5のステップと、

作成された前記信号到達時間情報を前記他の基地局によって前記測位サーバに送信する第6のステップと、

前記信号到達時間情報に基づいて前記無線端末の位置を前記測位サーバによって算出する第7のステップと

を有し、

前記複数の受信条件は、前記他の基地局で前記信号を受信するためのアンテナの互いに異なる複数の指向性、前記他の基地局によって受信された前記信号の互いに異なる複数の偏波、および前記他の基地局によって受信された前記信号の互いに異なる複数の周波数、のうちの少なくとも1つから選択されることを特徴とする測位方法。

【請求項7】

請求項6において、

前記第7のステップは、

前記複数の受信条件の1つで前記測位信号を受信した時刻および前記複数の受信条件の1つで前記測位信号応答を受信した時刻に係る複数の時間情報の複数の組合せについて前記無線端末の位置を計算するステップと、

該複数の計算結果から、最も誤差の小さい結果のものを選択するステップと

を含むことを特徴とする測位方法。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

請求項 6 において、
前記第 4 のステップは、
前記無線端末からの受信信号強度が最も強くなるように前記受信条件を選択するステップと、
前記選択された受信条件で前記無線端末からの信号を受信するステップと
を含むことを特徴とする測位方法。

【請求項 9】

請求項 6 において、
前記第 4 のステップは、前記無線端末からの信号を受信する所定の回数毎に前記受信条件を選択するステップを含むことを特徴とする測位方法。

10

【請求項 10】

請求項 6 において、
前記複数の受信条件として、前記基地局にて前記信号を受信するための互いに異なる複数の送信電力が用いられることを特徴とする測位方法。

【請求項 11】

無線端末と無線通信によって接続される少なくとも 3 つ以上の基地局に接続され、互いに異なる複数の受信条件で前記基地局によって受信された複数の信号の受信時刻に係る時間情報を前記基地局から受信し、前記複数の信号の受信時刻に係る時間情報に基づいて前記無線端末の位置を測定する測位サーバであって、

20

前記複数の信号を受信した時刻に係る複数の時間情報の複数の組合せについて前記無線端末の位置の計算を行う位置計算部と、

前記位置計算部による複数の計算結果から、最も誤差が小さい結果のものを選択する状態選択部と

を備え、

前記複数の受信条件は、前記他の基地局で前記信号を受信するためのアンテナの互いに異なる複数の指向性、前記他の基地局によって受信された前記信号の互いに異なる複数の偏波、および前記他の基地局によって受信された前記信号の互いに異なる複数の周波数、のうちの少なくとも 1 つから選択されることを特徴とする測位サーバ。

【請求項 12】

請求項 11 において、
前記複数の受信条件として、前記基地局にて前記信号を受信するための互いに異なる複数の送信電力が用いられることを特徴とする測位サーバ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線送信機能を持つノードの位置を測定する測位システムに関し、特に、位置検出の精度を高めることのできる測位システム、測位方法及び測位サーバに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の代表的なノード位置測定方法としては、GPS 等の衛星からの信号を用いて位置を測定する方法がある。

40

【0003】

また、他のノード位置測定方法としては、複数の基地局から送信された信号をノードが受信し、その受信時刻の差から、ノードの位置を算出する方法がある。

【0004】

具体的には、セルラ電話システムにおいて、基地局から移動端末に送信される信号の受信時間差（各基地局から移動端末までの信号の伝搬時間差 $T1 - T2$ 及び $T3 - T2$ ）を計算し、伝搬時間差に光速を乗算することによって、移動端末から各基地局までの信号の伝搬距離の差

50

$$D1 - D2 = c (T1 - T2)$$

及び

$$D3 - D2 = c (T3 - T2)$$

を算出し、移動端末の位置を検出する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【 0 0 0 5 】

また、無線 LAN システムにおいて、ノード（端末）から送信される信号を基地局で受信した時間差（各基地局の受信時間の差 $T_i - T_1$ ）を計算し、受信時間差に光速を乗算することによって、ノードから各基地局までの信号の伝搬距離の差 $\{ | P - P_i | - | P - P_1 | \} = c (T_i - T_1)$, $i = 2, \dots, n$ を算出し、ノードの位置を検出する方法が提案されている（例えば、非特許文献 1 参照。）。

10

【特許文献 1】特開平 7 - 1 8 1 2 4 2 号公報

【非特許文献 1】荻野敦、他 5 名、「無線 LAN 統合アクセスシステム（1）位置検出システムの検討」、2003 年総合大会講演論文集、電子情報通信学会、B - 5 - 2 0 3、p . 6 6 2

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来の位置検出方法は無線端末からの信号を位置検出に用いるが、位置検出に用いる信号を反射する反射体がある環境では、ノードで受信される信号は直接波の他に反射波が合成されたものとなる（図 1 参照）。

20

【 0 0 0 7 】

従来の位置検出方法では、反射波が合成された状態でも直接波を検出するために、信号の立ち上がり時間を元に測位を行っている。しかし、反射波が大きい場合は受信タイミングの測定精度の劣化の影響が無視できないため、反射波を低減する仕組みが望まれている。

【 0 0 0 8 】

本発明は、前記のような問題点を鑑みてなされたものであり、無線端末から送られる信号を、反射波の影響をできるだけ小さくすることで受信タイミングの測定誤差、ひいては位置測定の誤差を小さくする測位システム、測位方法及び測位サーバを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明は、無線端末 1 0 の位置測定のための測位信号及び測位信号応答を複数送信し、基地局 3 0 はその複数の信号についてそれぞれ指向性を変更して受信して、複数の結果を測位サーバ 2 0 に送る。測位サーバ 2 0 は複数の結果のうち最良の結果となる指向性の組み合わせを算出し、その指向性を各基地局に送る。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によると、建物内のような反射波の発生する環境下においても、無線端末からの測位信号の直接波をできるだけ正確に受信することができ、位置測定の精度が高まる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

本発明の第 1 の実施の形態を、図を参照して説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の測位システムの構成図である。

【 0 0 1 3 】

位置測定の指示や演算を行う測位サーバ 2 0 がネットワーク 4 0 を介して複数の基地局（アクセスポイント）（3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d）と接続されている。無線端末 1 0 は、複数の基地局 3 0 と無線通信を介して接続されており、何れか一つ又は複数の基

50

地局 30 と通信可能に接続される。

【 0014 】

基地局 30 はそれぞれにアンテナ 31 (図 2 参照) が接続されている。このアンテナ 31 は、例えばアダプティブアレイアンテナ等によって構成されており、アンテナの指向性を変更可能に設定されている。

【 0015 】

図 2 は、基地局 30 の構成を示すブロック図である。

【 0016 】

基地局 30 は、アンテナ 31、無線部 32、制御部 33、通信部 34 等から構成されている。

10

【 0017 】

アンテナ 31 は、基地局 30 等から送信された電波を高周波信号に変換し無線部 32 に送る又は無線部 32 が生成した高周波信号を電波に変換して送信する。このアンテナ 31 は、アダプティブアレイアンテナ等によって構成され、アンテナの指向性を変更することが可能である。なお、アレイアンテナではなく、アンテナの方向を物理的に制御することで指向性を変更可能なアンテナを用いてもよい。例えば、特定の指向性を持つアンテナを複数組み合わせるアンテナ部を構成し、そのうちの所望の指向性を持つアンテナを選択して使用するようにしてもよい。

【 0018 】

無線部 32 は、アンテナ 31 より受信した高周波信号を制御信号 (データ信号) 等に変換し又は信号制御部 33 の指示によって、アンテナ 31 に対して高周波信号を送りアンテナ 31 から無線端末 10 等に電波として送信する。

20

【 0019 】

また、無線部 32 は、アンテナ 31 の指向性、受信電力、周波数、偏波等の制御を行う。例えば、アンテナ 31 に対して、所定の指向性を設定することで、所定の方向からの電波のみを受信するように制御することが可能である。

【 0020 】

信号制御部 33 は、無線端末 10 の位置計測に関する制御を行う。例えば、無線端末 10 が複数個存在するシステムにおいては、各無線端末 10 それぞれが固有の波形の信号を送信し、該固有の波形に該当する無線端末 10 の情報を信号制御部 33 に予め記憶されている情報を用いて送信元の無線端末 10 を特定する。

30

【 0021 】

この、固有の波形と受信した信号の波形とを比較する方法としては、例えば、双方の相関値を算出し、相関値が最大となる波形を最も近い波形と判定する方法がある。

【 0022 】

また、信号制御部 33 は、測位信号の受信時刻と測位信号応答の受信時刻との差の情報、送信元の無線端末 10 又は基地局 30 を特定する情報、測位信号を受信した際のアンテナ 31 の指向性等の情報を含む信号到達時間情報を作成する。

【 0023 】

通信部 34 は、基地局 30 をネットワーク 40 に接続するインターフェースとして機能し、測位サーバより要求を受信したり、信号制御部 33 によって作成された信号到達時間情報を測位サーバ 20 に送信する。

40

【 0024 】

図 3 は、無線端末 10 の構成を示すブロック図である。

【 0025 】

無線端末 10 は、アンテナ 11、無線部 12、信号送信制御部 13 等によって構成されている。

【 0026 】

無線部 12 は、基地局 30 から送信されアンテナ 11 によって受信した高周波信号をデータ信号に変換し、また信号送信制御部 13 からの指示に基づいて、測位信号応答を生成

50

しアンテナ 11 から高周波信号として出力して、各基地局 30 に送信する。この測位信号応答は、各無線端末 10 毎に固有に割り当てられた波形となっており、その無線端末 10 が送信した信号であることを識別可能となっている。

【0027】

信号送信制御部 13 は、無線部 12 が受け取った測位信号を受信すると、その応答として測位信号応答を送信するように無線部 12 に指示する。

【0028】

図 4 は、測位サーバ 20 の構成を示すブロック図である。

【0029】

測位サーバ 20 は、通信部 21、位置計算部 22、システム情報データベース 23 等から構成されている。

10

【0030】

通信部 21 は、測位サーバ 20 をネットワーク 40 に接続するインターフェースとして機能し、基地局 30 から送られる信号到達時間情報を受信し、これを位置計算部 22 に送る。

【0031】

位置計算部 22 は、信号到達時間情報に含まれる各基地局 30 における信号到達時刻の差の情報と、システム情報データベース 23 に予め記録されている各基地局 30 の位置等の情報と、に基づいて無線端末 10 の位置を算出する。

【0032】

20

図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態の測位システムの、位置を測定する手順を示すシーケンス図である。

【0033】

まず、無線端末 10 が何れかの基地局 30 を経由して、測位サーバ 20 に対して自端末の位置計測を要求するための位置要求を送信する。測位サーバ 20 は、位置要求を受信すると、まず、各基地局 30 に対して測位準備要求を送信する。この測位準備要求は、例えば、各基地局 30 のアンテナ 31 の指向性に関する情報、使用する周波数に関する情報等を含むことができる。各基地局 30 は、測位準備要求を受信すると、アンテナ 31 の指向性の設定等の準備を行い、準備が完了すると、測位サーバに対して測位準備完了を送信する。

30

【0034】

測位サーバ 20 は、全ての基地局 30 から測位準備完了を受信すると、まず、基地局 30 a に対して測位信号を送信するよう指示を送る。基地局 30 a はこの指示を受けて測位信号を他の基地局 (30 b、30 c、30 d) 及び無線端末 10 に対して送信する。基地局 30 a は測位信号を送信した時刻を、基地局 30 b、30 c、30 d は測位信号を受信した時刻を、それぞれ記憶する。なお、この測位信号は、複数の信号を所定回数送信する。各基地局 30 は、複数の信号それぞれについてアンテナ 31 の指向性を変更して受信し、その受信時刻を記憶する。例えば、3 回の測位信号を送信する場合は、3 回の信号それぞれに対して指向性を変更し、受信する。

【0035】

40

無線端末 10 は、この測位信号を受信すると、測位信号応答を各基地局 30 に対して送信する。各基地局 30 a、30 b、30 c、30 d は、この測位信号応答を受信した時刻を、それぞれ記憶する。この測位信号応答も測位信号と同様に、複数の信号を所定回数送信する。各基地局 30 は、複数の信号それぞれについてアンテナ 31 の指向性を変更して受信し、その時刻を記憶する。この指向性の変更は、測位信号を受信したときと同じ指向性とする。

【0036】

次に、各基地局 30 a、30 b、30 c、30 d は、それぞれ、測位信号の受信時刻と測位信号応答の受信時刻との差から、信号到達時間の差やその他の情報から信号到達時間情報を作成し、測位サーバ 20 に対して送信する。この信号到達時間情報は、各基地局 3

50

0ごとに、複数回受信した測位信号及び測位信号応答の受信時刻及びそれぞれについてのアンテナ31の指向性に関する情報、受信した基地局30を示す情報が含まれる。

【0037】

測位サーバ20は、各基地局30a、30b、30c、30dの信号到達時間情報をそれぞれ受信すると、この情報を元に無線端末10の位置計算処理を行う。この位置計算処理の詳細は後述する。

【0038】

次に、位置計算処理によって確定した無線端末の位置情報を、無線端末10に対して送信する。

【0039】

以上の一連の処理によって、無線端末10の位置情報の計測が完了する。

【0040】

なお、無線端末10から位置要求によって位置計測を行うのではなく、測位サーバ20が自主的に位置計測を行ってもよいし、各基地局30からの要求によって位置計測を行ってもよい。

【0041】

また、アンテナ31をアダプティブアレイアンテナによって構成した場合は、必ずしも複数の測位信号及び測位信号応答を送信する必要はなく、一度の信号によって複数の指向性の結果を各基地局30が得ることができる。

【0042】

図6は、測位サーバ20における、位置計算処理の詳細を示すフローチャートである。

【0043】

測位サーバ20の位置計算部22は、ネットワーク40及び通信部21を介して送信された、各基地局30からの信号到達時間情報を受信する(ステップ1001)。

【0044】

次に、受信した各基地局30の信号到達時間情報から、無線端末10の位置計算を行う(ステップ1002)。

【0045】

無線端末10の位置を算出する方法としては、例えば、二つの基地局30が測位信号を受信した時刻の差から、無線端末10とそれらの基地局30との距離の差を算出し、その距離差の条件を満たす点を結んで描いた少なくとも二つの双曲線の交点から測位対象無線端末10の位置を特定する双曲線交会法がある。また、基準信号送信時刻と測位信号受信時刻との差を用いた位置算出の際に、基地局30が受信した測位信号の受信強度に基づいて重み付けを行った双曲線交会法を用いてもよい。

【0046】

また、位置計算は、受信した信号到達時間情報に含まれるアンテナ31の指向性を示す情報を参照して、基地局毎に、複数の指向性で受信した到達時間差それぞれについて計算を行う。たとえば、前述したように3回の測位信号及び測位信号応答によって、3回それぞれ指向性を変更して受信した場合、それぞれの基地局の3回の受信結果の全ての組み合わせを計算し、結果として、27通りの計算結果が得られる。

【0047】

次に、この複数の指向性に対応した計算結果から、最も誤差の少ない結果のものを選択する(ステップ1003)。位置計測結果は、それぞれの基地局30からの距離を描いた双曲線の交点から得られるので、複数の基地局30の結果による交点の位置が近似していれば誤差は少なく、分散していれば誤差が大きい。この最も近似する組み合わせを、それぞれの基地局30のそれぞれの指向性による受信結果の計算結果から割り出す。結果として、例えば基地局30aは指向性がA、基地局30bは指向性がB、基地局30cは指向性がC、基地局30dは指向性がD、の組み合わせが、最も誤差が少ない計算結果であると割り出される。すなわち、このステップ1003において、位置計算部21が最も誤差の少ない無線基地局の通信方法(例えば、指向性)を選択することで、状態選択部が構成

10

20

30

40

50

される。

【 0 0 4 8 】

以上のようにして、無線端末 10 から送信される信号を基地局 30 b ~ d で受信する際の指向性を制御する。基地局 30 a から送信される信号を基地局 30 b ~ d で受信するために最適な指向性は、あらかじめ設定しておくことができる。基地局の設置場所が決まれば、それぞれの位置や周囲の遮蔽物・反射体などの環境から、各基地局において他の基地局からの信号を受信するために最適な指向性が決まる。したがって、基地局ごとに他基地局に適した指向性をあらかじめ登録しておき、測位準備要求信号を送る際に測位信号を送信する基地局 30 a を特定する情報を通知すれば、通知を受けた基地局 30 b ~ d が基地局 30 a に合わせた指向性で受信する準備をすることができる。測位信号の受信後は、上述の方法で決められる指向性にアンテナを設定し、測位応答信号の受信の待ち受け状態になる。

10

【 0 0 4 9 】

測位サーバ 20 は、最も誤差の少ない結果となるそれぞれの基地局 30 の指向性に関する情報を一旦記憶し、次の位置要求があったときに、各基地局 30 に送信する測位準備要求にこの指向性に関する情報を含めて送信する。各基地局 30 は、この受信した測位準備要求に含まれる指向性を優先的に使用し、その指向性を中心として複数の指向性による測位信号及び測位信号応答を受信する。

【 0 0 5 0 】

以上のように構成された本発明の第 1 の実施の形態の測位システムでは、無線端末 10 の位置測定のための測位信号及び測位信号応答を複数送信し、基地局 30 はその複数の信号についてそれぞれ指向性を変更して受信して、複数の結果を測位サーバ 20 に送る。測位サーバ 20 は複数の結果のうち最良の結果となる指向性の組み合わせを算出し、その指向性を各基地局に送る。こうすることで、例えば、建物が密集している屋外や建物の内部など、測位信号に反射波が付加されたとしても、反射波の影響が最も少なくなるように直接波を受信できる方向に指向性を設定する、いわゆる指向性ダイバーシチを行うことで、位置測定の誤差を少なくすることができる。

20

【 0 0 5 1 】

なお、第 1 の実施の形態では、指向性を変更して複数の信号を受信するように構成したが、これを送信 / 受信周波数を変更して複数の信号を受信するようにしてもよいし（周波数ダイバーシチ）、偏波を変更して複数の信号を受信してもよい（偏波ダイバーシチ）。

30

【 0 0 5 2 】

信号の周波数を変更するときは、予め測位サーバ 20 によって送信する周波数を決定し、測位準備要求にその周波数に関する情報を含めて送信する。各基地局 30 は、複数の周波数で送信される信号をそれぞれ受信し、結果を測位サーバ 20 に送信する。

【 0 0 5 3 】

信号の周波数や偏波を変更すると信号の反射波の影響が変わるので、最も誤差の少ない、すなわち最も反射波の影響が少ない周波数又は偏波を選択する。このためには、測位サーバから、無線端末 10 を管理下においている基地局 30 a を介して、周波数または偏波を指定する信号を無線端末に送信するとよい。

40

【 0 0 5 4 】

また、測位に必要な最小限となる送信電力となるように、基地局 30 a が送信する測位信号及び無線端末 10 の送信する測位信号応答の電力を変更してもよい。

【 0 0 5 5 】

無線端末 10 の送信電力は、位置検出誤差が大きい場合に下げるように測位サーバが指示を送り、また、下げすぎることによって無線端末 10 が送信する電波が拾えなくなる基地局 30 が多くなった場合、測位サーバ 20 の指示によって無線端末 10 の送信電力を上げるように制御する。このためには、測位サーバから、無線端末を管理下においている基地局 30 a を介して、送信電力制御信号を無線端末 10 に送信するとよい。

【 0 0 5 6 】

50

さらに、測位サーバ20で、無線端末10の送信電力、無線端末10の位置測定結果、及び検出誤差の対応関係を位置計算部22の記録部に記録し、記録された情報から最適な電力を無線端末10に指示してもよい。また、基地局30で直接波を検出できる最低の受信電力を求め、実際の受信電力の差分を測位サーバ20に通知し、測位サーバ20がこれを満たす無線端末10の送信電力を演算し、送信電力の下げ幅を決定して無線端末10に通知してもよい。

【0057】

次に、本発明の第2の実施の形態の測位システムについて説明する。

【0058】

第1の実施の形態では、指向性を変更した複数の信号の受信結果によって誤差の小さくなる指向性を割り出すよう構成したが、第2の実施の形態では、測位サーバ20の測位結果から、無線端末10の推定位置の方向に各基地局30のアンテナ31の指向性を変更するように設定した。

【0059】

なお、第1の実施の形態と同一の作用を行う構成には同一の符号を付し、その説明は省略する。

【0060】

第2の実施の形態の測位システムのシーケンスは前述した図5とほぼ同一である。

【0061】

すなわち、まず、無線端末10が測位サーバ20に対して、自端末の位置計測を要求するための位置要求を送信する。測位サーバ20は、位置要求を受信すると、まず、各基地局30に対して測位準備要求を送信する。この測位準備要求は、例えば、各基地局30のアンテナ31の指向性に関する情報、使用する周波数に関する情報等を含むことができる。

各基地局30は、測位準備要求を受信すると、アンテナ31の指向性の設定等の準備を行い、準備が完了すると、測位サーバに対して測位準備完了を送信する。

【0062】

測位サーバ20は、全ての基地局30から測位準備完了を受信すると、まず、基地局30aに対して測位信号を送信するよう指示を送る。基地局30aはこの指示を受けて測位信号を他の基地局(30b、30c、30d)及び無線端末10に対して送信する。基地局30aは測位信号を送信した時刻を、基地局30b、30c、30dは測位信号を受信した時刻を、それぞれ記憶する。

【0063】

無線端末10は、この測位信号を受信すると、測位信号応答を各基地局30に対して送信する。各基地局30a、30b、30c、30dは、この測位信号応答を受信した時刻を、それぞれ記憶する。

【0064】

次に、各基地局30a、30b、30c、30dは、それぞれ、測位信号の受信時刻と測位信号応答の受信時刻との差から、信号到達時間の差やその他の情報から信号到達時間情報を作成し、測位サーバ20に対して送信する。この信号到達時間情報は、各基地局30ごとに、アンテナ31の指向性に関する情報、受信した基地局30を示す情報が含まれる。

【0065】

測位サーバ20は、各基地局30a、30b、30c、30dの信号到達時間情報をそれぞれ受信すると、この情報を元に無線端末10の位置計算処理を行う。この位置計算処理の詳細は後述する。

【0066】

次に、位置計算処理によって確定した無線端末の位置情報を、無線端末10に対して送信する。

【0067】

10

20

30

40

50

以上の一連の処理によって、無線端末 10 の位置情報の計測が完了する。

【0068】

なお、無線端末 10 から位置要求によって位置計測を行うのではなく、測位サーバ 20 が自主的に位置計測を行ってもよいし、各基地局 30 からの要求によって位置計測を行ってもよい。

【0069】

図 7 は、第 2 の実施の形態の、測位サーバ 20 における、位置計算処理の詳細を示すフローチャートである。

【0070】

測位サーバ 20 の位置計算部 22 は、ネットワーク 40 及び通信部 21 を介して送信された、各基地局 30 からの信号到達時間情報を受信する（ステップ 2001）。

10

【0071】

次に、受信した各基地局 30 の信号到達時間情報から、前述したように無線端末 10 の位置計算を行う（ステップ 2002）。

【0072】

次に、位置計算によって算出された無線端末 10 の位置情報と、システム情報データベース 23 に記録されている各基地局 30 の位置の情報から、それぞれの基地局 30 のアンテナ 31 の指向性を決定する（ステップ 2003）。すなわち、各基地局 30 のアンテナの指向性を、無線端末 10 が存在する方向に設定する。この決定した指向性は、位置計算部 22 に備えられている記憶部に保持し、次の位置要求があったときに、各基地局 30 に送信する測位準備要求にこの指向性に関する情報を含めて送信する。各基地局 30 は、この受信した測位準備要求に含まれる指向性を用いて信号を受信する。

20

【0073】

このようにすることで、測位サーバ 20 によって算出された無線端末 10 の推定位置に指向性を予め設定して、次の測位を実行する。

【0074】

なお、測位サーバ 20 は、複数の位置計測の結果を、時間を示す情報と共に順次記録し、無線端末 10 が移動しているか否かを判定し、その結果から、基地局 30 に指示する指向性の情報を設定してもよい。すなわち、無線端末 10 が移動していることが明らかである場合は、位置計算部 22 は、移動速度、移動方向等の情報を算出し、次の位置測定を行う時刻に推定される無線端末 10 の位置に、各基地局 30 の指向性を設定し、測位サーバ 20 は、その指向性の情報を測位準備要求に含めて送信する。

30

【0075】

このとき、移動速度が大きく、次の位置測定を行う時刻に無線端末 10 の位置を推定することが困難であると判定した場合は、記録部に保持した指向性に関する情報を一旦破棄し、新たに位置測定を行うよう構成してもよい。また、無線端末 10 の移動速度に応じて忘却係数を設定し、移動速度が小さい場合は記録部に保持されている情報を多く用い、移動速度が大きい場合は、記録部に保持されている情報のうち、最新の情報に近い情報のみを用いるように構成してもよい。

40

【0076】

以上のように構成された本発明の第 2 の実施の形態の測位システムでは、測位サーバ 20 は、位置測定結果に基づいて、無線端末 10 の推定位置に対応する指向性を設定し、各基地局に指向性に関する情報を指示するよう構成したので、無線端末 10 の移動している場合にも、複数回の位置計測の結果によって位置計測精度がより高まる。

【0077】

次に、第 3 の実施の形態の測位システムについて説明する。

【0078】

第 1 及び第 2 の実施の形態では、測位サーバ 20 の無線端末 10 の位置測定結果の誤差が小さくなるように各基地局 30 にフィードバックを行っていたが、第 3 の実施の形態では、各基地局 30 が各々、指向性、周波数等を変更して受信信号が最良となるものを設定

50

するよう構成した。なお第1又は第2の実施の形態と同一の作用を行う構成には同一の符号を付し、その説明は省略する。

【0079】

図8に、第3の実施の形態の測位システムのシーケンスを示す。

【0080】

各々の位置測定のプロセスは前述した図5の手順とほぼ同様である。

【0081】

すなわち、まず、無線端末10が測位サーバ20に対して、自端末の位置計測を要求するための位置要求を送信する。測位サーバ20は、位置要求を受信すると、まず、各基地局30に対して測位準備要求を送信する。この際に、必要ならば、測位サーバが送信する信号の周波数等の情報を含めてもよい。

10

【0082】

各基地局30は、測位準備要求を受信すると、アンテナ31の指向性の設定等の準備を行い、準備が完了すると、測位サーバに対して測位準備完了を送信する。

【0083】

測位サーバ20は、全ての基地局30から測位準備完了を受信すると、まず、基地局30aに対して測位信号を送信するよう指示を送る。基地局30aはこの指示を受けて測位信号を他の基地局(30b、30c、30d)及び無線端末10に対して送信する。基地局30aは測位信号を送信した時刻を、基地局30b、30c、30dは測位信号を受信した時刻を、それぞれ記憶する。

20

【0084】

無線端末10は、この測位信号を受信すると、測位信号応答を各基地局30に対して送信する。各基地局30a、30b、30c、30dは、この測位信号応答を受信した時刻を、それぞれ記憶する。

【0085】

次に、各基地局30a、30b、30c、30dは、それぞれ、測位信号の受信時刻と測位信号応答の受信時刻との差から、信号到達時間の差やその他の情報から信号到達時間情報を作成し、測位サーバ20に対して送信する。この信号到達時間情報は、各基地局30ごとに、アンテナ31の指向性に関する情報、受信した基地局30を示す情報が含まれる。

30

【0086】

このとき、各基地局30は、それぞれが独自に信号の受信強度が最も高い測位応答信号の受信時刻と、その測位応答信号に対応する測位信号の受信時刻とを測位サーバ20に送信する。そのために、測位信号と測位応答信号の送信を複数回行って基地局30においてそれぞれを異なる指向性に設定されたアンテナで受信して受信電力強度および受信時刻を測定する。なお、基地局30がアレイアンテナを具備する場合は、測位応答信号を一回受信して複数の指向性についての受信電力強度および受信時刻を測定すればよい。

【0087】

測位サーバ20は、各基地局30a、30b、30c、30dの信号到達時間情報をそれぞれ受信すると、この情報を元に無線端末10の位置計算処理を行う。この位置計算処理の詳細は後述する。

40

【0088】

次に、位置計算処理によって確定した無線端末の位置情報を、無線端末10に対して送信する。

【0089】

以上の一連の処理によって、無線端末10の位置情報の計測が完了する。この一連の測位手順を繰り返し実行する。

【0090】

そして、次の位置計測プロセスの前に、各基地局30は、それぞれ指向性を変更する。なお、アンテナ31をアダプティブアレイアンテナによって構成した場合は、1度の信号

50

の受信で最も受信信号強度が強くなる指向性が判明するので、その指向性を用いた結果を測位サーバに送信する。そうでない場合は、測位手順が実行される毎に（又は、所定回数の位置測定プロセス毎に）、指向性を変更して、信号を受信する。無線端末10が移動していない場合や、移動速度が小さい場合は、指向性を変更した結果、最も受信信号強度の大きい指向性が判明するので、各基地局30はその指向性を使用して測位信号の受信を行う。

【0091】

図8の例では、基地局30aは毎回指向性を変更し、基地局30bは奇数回目の位置計測プロセス前に、基地局30cは偶数回の位置計測プロセス前に、基地局30dは、指向性の変更を行わないように、それぞれ設定されている例を示す。

10

【0092】

なお、この第3の実施の形態においても、第1の実施の形態において前述したように、周波数又は偏波を変更するように構成してもよい。すなわち、測位手順が実施されるたびに周波数又は偏波を変更し、最も受信信号強度の強い周波数又は偏波を用いる。周波数を変更する場合は、予め測位サーバ20が周波数を決定しておき、測位準備要求に周波数を含めて基地局30に送信する。

【0093】

以上のように構成された第3の実施の形態の測位システムでは、基地局30側で最も受信信号強度が大きくなるような指向性、偏波、周波数等を選択することで、無線端末10の位置測定誤差を小さくできると共に、測位サーバ20の位置計算の際の負荷を低減することが出来る。

20

【0094】

なお、指向性、偏波、周波数の変更は、受信信号強度が最も高くなるように変更するのではなく、任意の指向性、偏波、周波数を、位置測定プロセスごとに（または所定の回数の測位手順が実施されるごとに）変更するように設定してもよい。

【0095】

こうすることで、例えば、基地局30側で最も良い指向性と判断したものが実際の無線端末10の方向とは全く異なるものであった場合に、位置計測の誤差が大きくなってしまいう可能性があるが、任意の指向性に変更して測位を行うことで、基地局30の判断の間違いによる誤差の発生を低減することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1】本発明の第1の実施の形態の、測位システムの構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の、基地局30の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の、無線端末10の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態の、測位サーバ20の構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態の、測位システムの位置を測定する手順を示すシーケンス図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態の、測位サーバ20における、位置計算処理の詳細を示すフローチャートである。

40

【図7】本発明の第2の実施の形態の、測位サーバ20における、位置計算処理の詳細を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第3の実施の形態の、測位システムの位置を測定する手順を示すシーケンス図である。

【符号の説明】

【0097】

10 無線端末

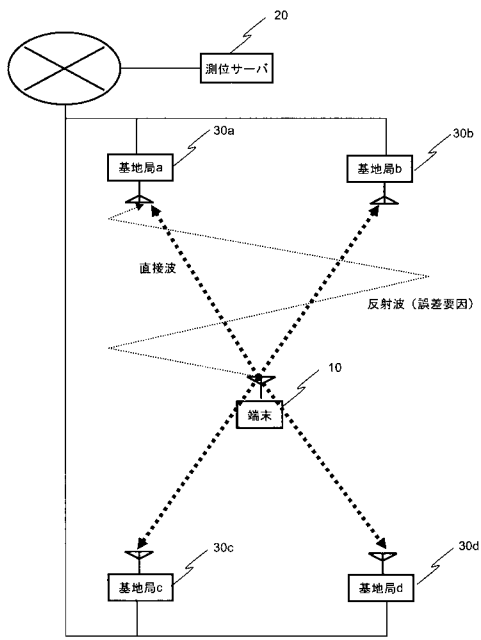
20 測位サーバ

30 a、30 b、30 c、30 d 基地局

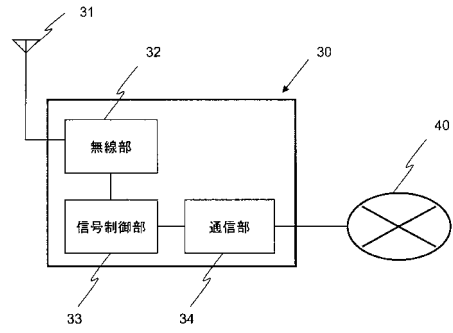
40 ネットワーク

50

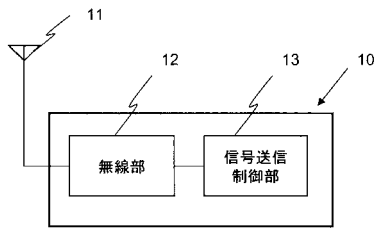
【図1】



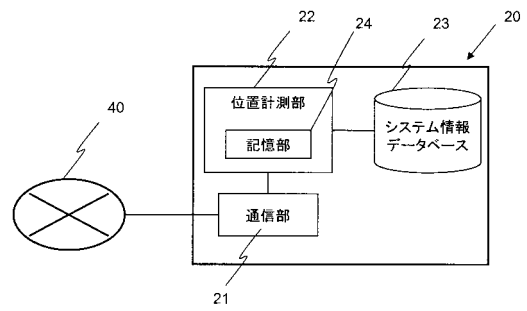
【図2】



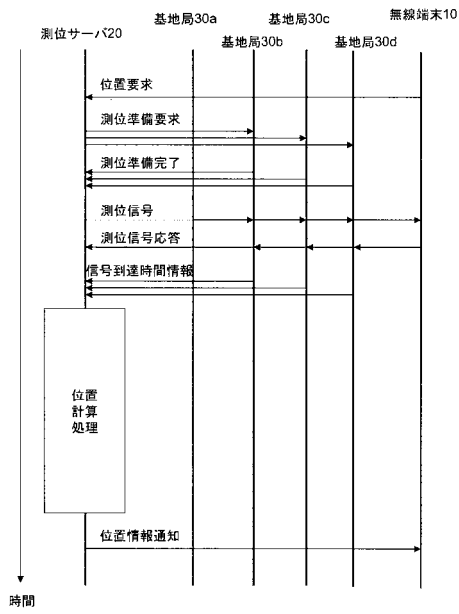
【図3】



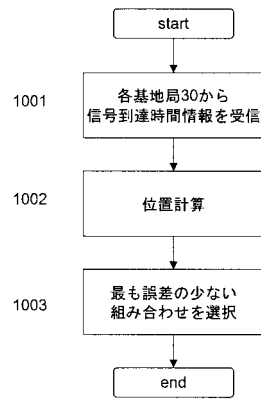
【図4】



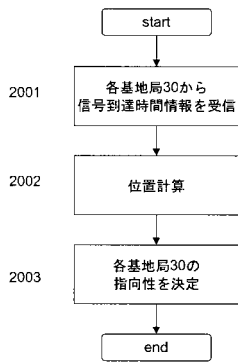
【図5】



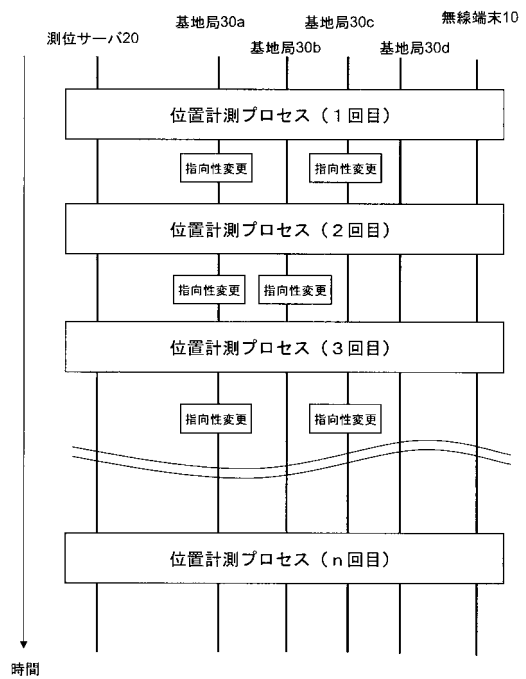
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 玉木 諭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

(72)発明者 田中 亮一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

審査官 石井 哲

(56)参考文献 特開2001-147261(JP,A)

特開2002-250765(JP,A)

特開2003-149315(JP,A)

特開昭64-031075(JP,A)

特開平08-240654(JP,A)

特開平10-253735(JP,A)

特開平06-222126(JP,A)

特表2002-513938(JP,A)

特表平10-509287(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00 - 5/14

G01S 7/00 - 7/42

H04B 7/00 - 7/12

H04B 7/24 - 7/26

H04Q 7/00 - 7/04