

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5023508号
(P5023508)

(45) 発行日 平成24年9月12日(2012.9.12)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl. F I
G O I S 5/10 (2006.01) G O I S 5/10 Z

請求項の数 5 (全 34 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2006-42633 (P2006-42633) | (73) 特許権者 | 000005223 富士通株式会社 |
| (22) 出願日 | 平成18年2月20日(2006.2.20) | | 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 |
| (65) 公開番号 | 特開2007-218857 (P2007-218857A) | (74) 代理人 | 100108187 弁理士 横山 淳一 |
| (43) 公開日 | 平成19年8月30日(2007.8.30) | (72) 発明者 | 関口 英紀 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 |
| 審査請求日 | 平成20年12月8日(2008.12.8) | (72) 発明者 | 藤井 彰 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 浅井 雅文 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線測位システム、無線測位方法および無線測位のためのプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも3つの基地局から測位信号パルスを送信して、移動端末の位置座標を決定する無線測位システムであって、

前記基地局は、1つの主基地局と複数の従基地局を含み、

前記主基地局は、

同期信号パルスを前記従基地局に送信する送信手段と、

前記同期信号パルスの送信時刻に所定の時間を加えた時刻に、前記移動端末に第1測位信号パルスを送信する手段とを備え、

前記従基地局は、

前記同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行い、

前記主基地局から送信された同期信号パルスの受信時刻と前記従基地局の前記基準クロックとの間のずれ時間 $T_{f,b}$ を測定する手段と、

前記ずれ時間 $T_{f,b}$ と、予め設定された遅延時間 $T_{p,b}$ とから前記主基地局の基準クロックと前記従基地局の基準クロックとの間のクロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を求める手段と、

前記主基地局の前記第1測位信号の送信時刻に前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を加えた時刻に、第2測位信号パルス及び前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を前記移動端末に送信する手段とを備え、

前記移動端末は、

前記第2測位信号パルスを受信した時刻を、前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を用いて補正する手段と、

前記第1測位信号パルスを受信した時刻および前記補正後の第2測位信号パルスを受信した時刻と、前記移動端末に保存した前記主基地局と前記従基地局の位置座標とを用いて、前記移動端末の位置座標を決定する手段と、を備えたことを特徴とする無線測位システム。

【請求項2】

前記基地局は、所定の擬似ランダムデジタル信号を、任意のデジタル信号によりパルス位置変調する手段と、

前記パルス位置変調された擬似ランダムデジタル信号のチップ幅の特定位置でインパルス化した超広帯域無線信号を生成する手段と、

前記インパルス化した超広帯域無線信号により、同期信号パルスと測位信号パルスを送信する手段とを備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システム。

【請求項3】

前記移動端末は、前記従基地局から受信した前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を用いて、前記第1、第2測位信号パルスを受信した時刻を補正する手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システム。

【請求項4】

少なくとも3つの基地局から測位信号パルスを送信して、移動端末の位置座標を決定する無線測位方法であって、

前記基地局は、1つの主基地局と複数の従基地局を含み、

前記主基地局が、

同期信号パルスを前記従基地局に送信するステップと、

前記同期信号パルスの送信時刻に所定の時間を加えた時刻に、前記移動端末に第1測位信号パルスを送信するステップと、

前記従基地局が、

前記同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行うステップと、

前記主基地局から送信された同期信号パルスの受信時刻と前記従基地局の前記基準クロックとの間のずれ時間 $T_{f,b}$ を測定するステップと、

前記ずれ時間 $T_{f,b}$ と、予め設定された遅延時間 $T_{p,b}$ とから前記主基地局の基準クロックと前記従基地局の基準クロックとの間のクロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を求めるステップと、

前記主基地局の前記第1測位信号の送信時刻に前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を加えた時刻に、第2測位信号パルス及び前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を前記移動端末に送信するステップと、

前記移動端末が、

前記第2測位信号パルスを受信した時刻を前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を用いて補正するステップと、

前記第1測位信号パルスを受信した時刻および前記補正後の第2測位信号パルスを受信した時刻と、前記移動端末に保存した前記主基地局と前記従基地局の位置座標とを用いて、前記移動端末の位置座標を決定するステップと、を含む無線測位方法。

【請求項5】

1つの主基地局から複数の従基地局に同期信号パルスを送信して、前記従基地局が、移動端末に送信する第2測位信号パルスの送信時刻を決定する、無線測位のためのプログラムであって、

前記従基地局が備えたコンピュータを、

10

20

30

40

50

予め前記主基地局から通知された前記主基地局における前記同期信号パルスの送信終了時刻から、前記第1測位信号パルスの送信開始時刻までの時間 T_a と、

前記主基地局から前記従基地局までの前記測位信号パルスの事前に測定して分かっていた伝播遅延時間 T_{p_i} と、

事前に測定して分かっていた前記主基地局のクロックに対する前記従基地局のクロックのずれ時間 T_{o_i} と、

予め前記主基地局から通知された前記主基地局におけるクロック周期 T_k とを入力する手段、

加減算、除算の整数部分の計算、および乗算により、

$$T_i = \{ (T_a - T_{p_i} + T_{o_i}) \text{div} T_k \} \times T_k$$

の演算を行う手段、および

前記演算結果 T_i を、前記従基地局が、前記主基地局の前記同期信号パルスを受信した時刻から、前記測位信号パルスを送信する時刻までの時間差として出力する手段、

として機能させるための無線測位のためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線測位システム、無線測位方法および無線測位のためのプログラムに関し、特に移動端末の位置検出に用いて好適な無線測位システム、無線測位方法および無線測位のためのプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

移動端末の位置を検出する測位方式として、GPS (Global Positioning System: 全地球測位システム) のように、複数の基地局 (衛星) から送信した電波が移動端末までに到達する時間差 (以下TDOA: Time Difference of Arrival) を用いる方式がある。

【0003】

図1に、TDOAの原理図を示す。図1において、101は基地局A、102は基地局B、103は基地局C、104は基地局D、105は移動端末M、106は双曲線、107は双曲線をそれぞれ示す。移動端末M105から基地局A101、基地局B102、基地局C103までのそれぞれの距離を r_a 、 r_b 、 r_c とする。距離差 $(r_a - r_b)$ が求まると、基地局A101と基地局B102を焦点とした双曲線106が描ける。同様に、距離差 $(r_a - r_c)$ が求まると、基地局A101と基地局C103を焦点とした双曲線107が描ける。前記2つの双曲線106、107の交点が移動端末M105となる。前記の距離 r_a 、 r_b 、 r_c は、移動端末M105から同時に送信された電波が、基地局A101、基地局B102、基地局C103で受信された時刻を用いて、各距離を伝播した電波の遅延時間が求まる。移動端末M105から基地局A101までと、移動端末M105から基地局B102までの遅延時間の差により、距離差 $(r_a - r_b)$ が求まり、移動端末M105から基地局A101までと、移動端末M105から基地局C103までの遅延時間の差により、距離差 $(r_a - r_c)$ が求まる。

【0004】

前記のTDOA方式により移動端末M105の位置検出を行うには、複数の基地局から電波を発信するタイミングが一致または固定であれば、移動端末側で到達時間差を求めることができる。そのためには、各基地局が時間同期している必要がある。

【0005】

GPSでは、各衛星に原子時計を搭載しているため時間のずれは小さいが、各衛星の原子時計が同期していないため、少しずつずれる。そこで、図2に示す方法が採られる。

【0006】

図2において、201は衛星A、202は衛星B、203は衛星C、204は地上制御局、205は地上移動端末をそれぞれ示し、<1>はGPS信号受信、<2>は衛星時計

10

20

30

40

50

補正值計算、＜ 3 ＞は補正值衛星送信、＜ 4 ＞は補正值データ送信のステップをそれぞれ示す。

【 0 0 0 7 】

地上制御局 2 0 5 はステップ＜ 1 ＞により G P S 信号を受信して、ステップ＜ 2 ＞により各衛星の時計の補正計算を行い、各衛星の時計のずれを監視し、ステップ＜ 3 ＞により各衛星に補正值を送り、ステップ＜ 4 ＞により各衛星から時間補正情報を航法メッセージに乗せて、移動端末 2 0 5 に送信する同期方法が用いられる。

【 0 0 0 8 】

また、従来技術として、移動端末(携帯電話)の測位を行う目的で、各基地局内や、基地局間のケーブル遅延を補正するための疑似基地局を設け、G P S 信号を用いて同期用クロックを生成し、該クロックにより各基地局の時間を同期させている(特許文献 1 参照)。

10

【 0 0 0 9 】

また、各基地局を有線あるいは無線で接続して各基地局のクロックを同期させる方法がある(特許文献 2 参照)。しかし、有線で接続するのは、ケーブル敷設の手間がかかり、コスト高になる。

【 0 0 1 0 】

また、無線でクロックを同期させるためには、無線信号からクロックを抽出して、自局のクロックを同期させる必要があり、回路が複雑となる。また、常時、無線により同期信号を送るため、同期信号専用の無線チャンネルが必要となっていた。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 2 8 9 4 3 号公報

20

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 3 1 6 7 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

前記の G P S に相当する電波測位システムを地上で構築する場合、前記 G P S と同じ時間同期方式を使用すると、制御局と各基地局とで、本来不要な専用通信路が必要であり、制御局が全ての基地局の時計のずれを管理するため、制御局の動作が複雑になり、基地局が多いと制御局の制御が、各移動端末の測位周期に間に合わなくなる。

【 0 0 1 2 】

また、G P S 信号を用いて同期用クロックを生成し、各基地局を同期させる方法は、G P S 信号からの同期用クロック精度は数 1 0 n s e c 程度であり、1 m 以下の精度が必要な場合は、1 n s e c 程度の時間精度が必要となり、G P S 信号からのクロックでは前記 1 m 以下の精度は実現出来ない。

30

【 0 0 1 3 】

また、時間精度を上げるために、G P S に相当する安定な同期信号を生成し、各基地局に送信し同様なシステムを構成しようとしても、同期用の信号伝送と測位用の信号伝送に異なる電波が必要となり、システムが複雑でコスト高となる。

【 0 0 1 4 】

従って、本発明の目的の 1 つは移動端末の位置を正確に検出する無線測位装置、無線測位方法および無線測位のためのプログラムを提供することである。

40

【 0 0 1 5 】

尚、上記目的に限らず、後述する発明を実施するための最良の形態に示す各構成により導かれる結果であって、従来の技術によっては得られない効果を奏することも、本発明の他の目的の 1 つとして位置付けることができる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

(1) 本発明では、

少なくとも 3 つの基地局から測位信号パルスを送信して、移動端末の位置座標を決定する無線測位システムであって、

前記基地局は、1 つの主基地局と複数の従基地局を含み、

50

前記主基地局は、
同期信号パルスを前記従基地局に送信する送信手段と、
前記同期信号パルスの送信時刻に所定の時間を加えた時刻に、前記移動端末に第1測位信号パルスを送信する手段とを備え、

前記従基地局は、
前記同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行い、

前記主基地局から送信された同期信号パルスの受信時刻と前記従基地局の前記基準クロックとの間のずれ時間 $T_{f,b}$ を測定する手段と、

前記ずれ時間 $T_{f,b}$ と、予め設定された遅延時間 $T_{p,b}$ とから前記主基地局の基準クロックと前記従基地局の基準クロックとの間のクロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を求める手段と、

前記主基地局の前記第1測位信号の送信時刻に前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を加えた時刻に、第2測位信号パルス及び前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を前記移動端末に送信する手段とを備え、

前記移動端末は、
前記第2測位信号パルスを受信した時刻を前記クロックのずれ時間 $T_{o,b}$ を用いて補正する手段と、

前記第1測位信号パルスを受信した時刻および前記補正後の第2測位信号パルスを受信した時刻と、前記移動端末に保存した前記主基地局と前記従基地局の位置座標とを用いて、前記移動端末の位置座標を決定する手段と、
を備えたことを特徴とする無線測位システムを用いる。

【0017】

好ましくは、前記基地局は、前記移動端末への前記第1測位信号パルスの送信を、所定の周期で繰り返す手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0018】

好ましくは、前記基地局は、前記移動端末に送信する前記第1測位信号パルスを、前記主基地局と前記従基地局からの前記第2測位信号パルスが前記移動端末において時間的に重ならない時間差をつけた所定の時刻に送信する手段と、前記時間的に重ならない時間差のデータを前記移動端末に送信する手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0019】

好ましくは、前記基地局は、前記時間的に重ならない時間差で行なう測位信号パルスの送信と、前記時間差のデータの送信を、所定の周期で繰り返す手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0021】

好ましくは、前記従基地局は、前記時間的に重ならない時間差をつけて前記第2測位信号パルスを送信する時刻の決定を、前記従基地局が備えた前記基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する前記粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する前記精密タイマーを用いて行なうことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0022】

好ましくは、前記主基地局は、前記同期信号パルスの機能を備えた前記第1測位信号パルスを送信する手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0023】

好ましくは、前記主基地局は、前記同期信号パルスの機能を備えた前記第1測位信号パルスの前記移動端末への送信を、所定の周期で繰り返す手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

好ましくは、前記基地局は、所定の擬似ランダムデジタル信号が、任意のデジタル信号によりパルス位置変調される手段と、前記パルス位置変調された擬似ランダムデジタル信号のチップ幅の特定位置でインパルス化した超広帯域無線信号を生成する手段と、前記インパルス化した超広帯域無線信号により、前記同期の機能を備えた測位信号パルスを送信する手段と、を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

【 0 0 2 5 】

好ましくは、前記従基地局は、前記主基地局から受信した、前記同期の機能を備えた前記第 2 測位信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた前記基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する前記粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する前記精密タイマーを用いて行うことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

10

【 0 0 2 6 】

(2) また、前記基地局は、インパルス化された超広帯域無線信号を送信することを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

【 0 0 2 7 】

好ましくは、前記基地局は、所定の擬似ランダムデジタル信号が、任意のデジタル信号によりパルス位置変調され、該パルス位置変調された擬似ランダムデジタル信号のチップ幅の特定位置でインパルス化された信号を送信することを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

20

【 0 0 2 8 】

好ましくは、前記基地局は、生成する擬似ランダムデジタル信号として、リードソロモン符号によりパルス位置変調された信号を用いることを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

【 0 0 2 9 】

好ましくは、前記基地局は、送信するインパルス化された信号を所定の帯域通過濾波器で帯域制限する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

【 0 0 3 0 】

好ましくは、前記従基地局は、前記同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が受信し検出した信号と、前記従基地局が備えた前記主基地局と同じ擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行う手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

30

(3) また、前記移動端末は、前記従基地局から受信した前記クロックのずれ時間 T_{a} 、 T_{b} を用いて、前記第 1、第 2 測位信号パルスを受信した時刻を補正する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

好ましくは、前記移動端末は、前記移動端末で決定された前記移動端末の位置座標を、識別された特定の他の移動端末のユーザに、前記基地局の少なくとも 1 つを介して伝える手段と、識別された特定の固定端末のユーザに、前記基地局に接続されたネットワークを介して伝える手段と、を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

40

【 0 0 3 1 】

好ましくは、前記移動端末は、前記主基地局と前記従基地局からの前記第 1、第 2 測位信号パルスの受信時刻の決定を、前記移動端末が受信し検出した信号と、前記移動端末に備えた前記主基地局と前記従基地局に固有の擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行う手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の無線測位システムを用いる。

【 0 0 3 2 】

好ましくは、前記移動端末は、前記時間的に重ならない時間差のデータを用いて、前記

50

移動端末で決定された前記移動端末の位置座標を、識別された特定の他の移動端末のユーザに、前記基地局の少なくとも1つを介して伝える手段と、識別された特定の固定端末のユーザに、前記基地局に接続されたネットワークを介して伝える手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0033】

好ましくは、前記移動端末は、前記基地局から受信した前記移動端末において時間的に重ならない時間差のデータを用いて、前記基地局から測位信号パルスを受信した時刻を、所定の周期で補正する手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0034】

好ましくは、前記移動端末は、前記基地局から前記時間差で送信された前記第1、第2測位信号パルスの受信時刻の決定を、前記移動端末が受信し検出した信号と、前記移動端末に備えた前記各基地局に共通の擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行う手段と、前記測位信号パルスの受信時刻を、前記前記基地局から受信した時間差のデータで補正する手段とを備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0035】

好ましくは、前記移動端末は、前記同期信号パルスの機能を備えた前記第1、第2測位信号パルスの受信時刻を用いて決定された前記移動端末の位置座標を、識別された特定の他の移動端末のユーザに、前記基地局の少なくとも1つを介して伝える手段と、識別された特定の固定端末のユーザに、前記基地局に接続されたネットワークを介して伝える手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

好ましくは、前記移動端末は、前記同期信号パルスの機能を備えた前記第1、第2測位信号パルスを受信した時刻を、前記基地局から受信した時間差のデータを用いて、所定の周期で補正する手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

【0036】

好ましくは、前記移動端末は、前記基地局から受信した前記同期信号パルスの機能を備えた前記第1、第2測位信号パルスの受信時刻の決定を、前記移動端末が受信し検出した信号と、前記移動端末に備えた前記基地局に共通の擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行うことを特徴とする請求項1記載の無線測位システムを用いる。

(4) 本発明では、少なくとも3つの基地局から測位信号パルスを送信して、移動端末の位置座標を決定する無線測位方法であって、前記基地局は、1つの主基地局と複数の従基地局を含み、前記主基地局が、同期信号パルスを前記従基地局に送信するステップと、前記同期信号パルスの送信時刻に所定の時間を加えた時刻に、前記移動端末に第1測位信号パルスを送信するステップと、前記従基地局が、前記同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行うステップと、前記主基地局から送信された同期信号パルスの受信時刻と前記従基地局の前記基準クロックとの間のずれ時間 T_{fb} を測定するステップと、前記ずれ時間 T_{fb} と、予め設定された遅延時間 T_{pb} とから前記主基地局の基準クロックと前記従基地局の基準クロックとの間のクロックのずれ時間 T_{ob} を求めるステップと、前記主基地局の前記第1測位信号の送信時刻に前記クロックのずれ時間 T_{ob} を加えた時刻に、第2測位信号パルス及び前記クロックのずれ時間 T_{ob} を前記移動端末に送信するステップと、前記移動端末が、前記第2測位信号パルスを受信した時刻を前記クロックのずれ時間 T_{ob} を用いて補正するステップと、前記第1測位信号パルスを受信した時刻および前記補正後の第2測位信号パルスを受信した時刻と、前記移動端末に保存した前記主基地局と前記従基地局の位置座標とを用いて、前記移動端末の位置座標を決定するステップと、を含む無線測位方法を用いる。

(5) 本発明では、1つの主基地局から複数の従基地局に同期信号パルスを送信して、前

10

20

30

40

50

記従基地局が、移動端末に送信する測位信号パルスの送信時刻を決定する、無線測位のためのプログラムであって、前記従基地局が備えたコンピュータを、予め前記主基地局から通知された前記主基地局における前記同期信号パルスの送信終了時刻から、前記第1測位信号パルスの送信開始時刻までの時間 T_a と、前記主基地局から前記従基地局までの前記測位信号パルスの事前に測定して分かっていた伝播遅延時間 T_{p_i} と、事前に測定して分かっていた前記主基地局のクロックに対する前記従基地局のクロックのずれ時間 T_{0_i} と

、予め前記主基地局から通知された前記主基地局におけるクロック周期 T_k とを入力する手段、加減算、除算の整数部分の計算、および乗算により、

$$T_i = \{ (T_a - T_{p_i} + T_{0_i}) \text{div} T_k \} \times T_k$$

の演算を行う手段、および前記演算結果 T_i を、前記従基地局が、前記主基地局の前記同期信号パルスを受信した時刻から、前記測位信号パルスを送信する時刻までの時間差として出力する手段、として機能させるための無線測位のためのプログラムを用いる。

【発明の効果】

【0037】

本発明によれば、複数基地局の時間合せが正確に行えることにより、移動端末の位置座標の決定が正確に出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

以下、図面を参照することにより、本発明の実施の形態について説明する。

【実施例1】

【0039】

この実施例においては、基準局を兼ねた1つの基地局から他の少なくとも2つの基地局に対し、同期用信号を同報し、該他の少なくとも2つの基地局は受信した同期信号の時刻から、それぞれ自局のタイマーのずれを測定し、ずれの補正値をデータ信号に乗せて移動端末に送信し、移動端末は、各基地局から送信された測位信号の受信時刻を前記補正値により補正し、該移動端末の位置を検出する。

・「実施例1の無線測位システムの通信ルート構成」

本実施例における無線測位システムの原理的な通信ルート構成を図3に示し、実際的な通信ルート構成を図4に示す。

【0040】

図3において、301は基準局、302は基地局B、303は基地局C、304は基地局D、305は移動端末Mをそれぞれ示し、<1>は同期信号送信、<2>は同期信号受信、<3>は自己時計補正値計算、<4>は補正値データ送信のステップをそれぞれ示す。

【0041】

図4において、図3と同じものは同一の番号を付してあり、401は基地局Aをそれぞれ示し、<1>は基地局A受信、<2>は自己時計補正値計算、<3>は補正値データ送信のステップをそれぞれ示す。

【0042】

図3に示すように本実施例では、時間の基準局301を定め、ステップ<1>により基準局301からの同期用電波を他の基地局に送信する。各基地局では、前もって基準局301と各基地局間の遅延を求めておき、各基地局はステップ<2>による基準局301からの同期用電波の受信時刻を用いて、ステップ<3>により自局の時計のずれが分かる。ステップ<4>により、各基地局から移動端末305に送信する測位電波に、前記の自局の補正値データを乗せる。移動端末305では、補正データを受信して各基地局からの測位電波の時計のずれを補正することで、正確な到達時間差を求めることが出来る。

【0043】

図4では、基地局A401が基準局301を兼ね、さらに、ステップ<1>により、基地局A401からの測位用信号と同期用信号とを同じ電波に乗せて送信すると、基準局3

10

20

30

40

50

01と基地局401とを別にしないで済むため局の数を減らすことができる。また、同期用信号と測位信号を異なる電波で送る必要がなくなり回路が簡単になる。ステップ<2>により、同期用信号を受信した各基地局が自局の時計を計算し、ステップ<3>により各基地局から移動端末305に送信する測位電波に、前記の自局の補正值データを乗せる。

【0044】

本実施例においては、電波として、インパルス電波(UWB-IR:Ultra Wideband-Impulse Radio)を使用するので、電波の到達時刻を高精度に求めることが出来、測位精度が向上する。30cm程度の精度で測位するためには、1ns程度の時間精度が必要であり、到達時刻をクロックカウンターで求めようとすると1GHz以上の高速動作が必要となり、安価な回路では実現できない。

10

【0045】

本実施例では、通常のCMOS回路で簡単に実現できるように、クロックカウンターは100MHz(周期10ns)程度で動作させ(以下粗タイマーと称す)、10ns以下の刻みについては、回路の遅延を利用したタイマー(以下精密タイマーと称す)で測定する。粗タイマーの値に同期することは容易なため、各基地局は、受信した同期用信号から取り出した信号を、まず粗タイマーの値に同期させ、次に補正值として精密タイマーの値を用いることにより、受信時刻の補正データ精度を上げることができる。

・「実施例1の無線測位システムの装置構成と動作」

本実施例における基地局Aのブロック図を図5に、基地局Bのブロック図を図6に、送信データフォーマットを図7にそれぞれ示す。

20

【0046】

図5において、501はMPU(マイクロプロセッサユニット)、502は送信データ、503はPPM(パルス位置変調)データ変調部、504はPN系列発生部、505は基準クロック、506はインパルス生成部、507は送信BPF(バンドパスフィルタ)、508はPA(電力増幅器)、509は送信アンテナをそれぞれ示す。

【0047】

図6において、601はMPU(マイクロプロセッサユニット)、602は送信データ、603はPPM(パルス位置変調)データ変調部、604はPN系列発生部、605は周期タイマー、606はインパルス生成部、607は送信BPF(バンドパスフィルタ)、608はPA(電力増幅器)、609は送信アンテナ、610は基準クロック、611は受信アンテナ、612は受信BPF(バンドパスフィルタ)、613はLNA(低雑音増幅器)、614はパルス検出部、615は精密タイマー、616は相関器、617はラッチ、618はPN系列発生部をそれぞれ示す。

30

【0048】

図7において、D701はプリアンブル部(無変調)、D702はデータ部(PPM変調)、711は1チップ分の位置ホッピング、712は1チップ分の位置ホッピングをそれぞれ示す。

【0049】

・「実施例1の基地局Aの動作」

基地局A501における送信動作を、図5と図7により説明する。

40

【0050】

送信データ502の最初の部分はプリアンブルD701の区間であり、MPU501から送られる送信データ502は、1パルス1μsのパルスであるが、プリアンブルD701では7パルス7μsの区間はすべて0である。

【0051】

図5において、PPMデータ変調部503は、PN系列発生部504から入力したパルスチップの時間位置を、MPU501から送られた送信データ502が0の時は変えず、1の時は1チップ分変化する(ホッピングする)パルス位置変調を行う。

【0052】

PN系列発生部504は、PN系列の一種である8値のRS(リードソロモン)系列の

50

符号列を生成し、1チップ100nsecのパルスを、1μsecの周期毎に、前記生成した符号に対応した時間に配置したパルス波形を発生する。例えば5763421の符号に対応し、100nsecのパルスは、最初の5に対しては最初の1μs区間の500nsecの位置に、次の7に対しては次の1μsec区間の700nsecの位置、以下6、3、・・・に対応した位置に配置された波形である。

【0053】

また、図5に示す、MPU501から送られる送信データ502は、1μsecのパルスの組み合わせ符号であり、図7の送信データの始めのプリアンブル部D701と、これに続くデータ部D702で構成される。

【0054】

図7のプリアンブル部D701では、送信データ502は、1周期7μsec内のパルスがすべて0である。この時、PPMデータ変調部503では、変調入力すべて0であるから、PN系列発生部504からのパタン波形のパルス位置がそのままとなって出力し、図7のプリアンブル部D701に示されたパルス信号波形となる。

【0055】

プリアンブル部D701の後にデータ部D702が続く。

【0056】

データ部D702では、送信データは所定の周期内に任意の符号を有している。例えば送信データが0110・・・の場合、PPMデータ変調部503では、PN系列発生部504からのパタン波形5763421・・・(通常プリアンブル部の7符合より多くなる)により、チップのパルス位置が0110・・・に対応して、符号1で1チップ分ホッピングし(図7の711、712に示す)、5873・・・と変調され、500nsec、800nsec、700nsec、300nsec・・・の位置にホッピングされ、図7のデータ部D702に示されたパルス信号波形となる。

【0057】

図5においてPPM変調されたパルス信号は、インパルス生成部506に送られ、ステップリカバリダイオードにより、パルスの立ち上がり部で非常に細かいインパルスが生成される。生成されたままのインパルスは、非常に広い周波数帯域のスペクトラムを有しているが、BPF507(帯域通過濾波器で、例えば、3.1GHz~10.6GHzの通過帯域)を通すことで、許容帯域外(例えば、3.1GHz以下および10.6GHz以上)のスペクトラム成分を除去することが出来る。BPF通過後、PA508(電力増幅器)で増幅し、送信アンテナ509から電波が放射される。

【0058】

・「実施例1の基地局Bの動作」

基地局B302の送信動作は、前記基地局Aと同じである。

【0059】

基地局B302の受信動作を図6と図7により説明する。

【0060】

基地局B302のアンテナ611から受信されたインパルス電波は、BPF612で不要な周波数成分を除去後、LNA613で低雑音増幅され、パルス検出部614でパルス信号波形が検出される。パルス検出部614は、高周波ダイオードによる包絡線検波回路とコンパレータ等で実現される。検出されたパルスは、PN系列発生部618で発生したRS系列の符号列と、デジタルマッチドフィルタによる相関器616で比較される。相関器616によりプリアンブル部D701が検出されたならば、同期が確立されたとして、次に続くデータ部D702の最初のパルスの受信時刻を保持し、データ部D702の受信PPM信号が復調される。

【0061】

基地局B302における受信時刻の決定を、図8、図9を用いて説明する。

【0062】

図8において、800は入力信号、811は第1の遅延回路、812は第2の遅延回路

10

20

30

40

50

、813は第3の遅延回路、814は第4の遅延回路、819は第9の遅延回路、820はDFF(Delay Flip Flop)、830は遅延0の出力、831は遅延1の出力、832は遅延2の出力、833は遅延3の出力、834は遅延4の出力、839は遅延9の出力をそれぞれ表す。

【0063】

図9において、901、902、903はエンコード値を粗タイマーでラッチする時刻、D901はDFF入力波形、D902はDFF出力をそれぞれ示す。

【0064】

図8において、入力信号800は、図6のパルス検出部で検出された受信インパルス波形を立ち上がり時間でラッチした波形である。遅延回路811は入力信号800を1nsec遅延させ、該遅延信号をDFF820と、次の遅延回路812に出力する。遅延回路812は、遅延回路811から入力した信号をさらに1nsec遅延させ、該遅延信号をDFF820と、次の遅延回路813に出力する。以下遅延回路814・・・遅延回路819は前記と同様にそれぞれ1nsec遅延させ、DFF820に出力する。

【0065】

図9において、D901は遅延が0である信号と前記9個の遅延回路から出力した計10個のデータを示す。DFF820は100MHzのクロックで動作する10個のDFFより構成されており、該10個の入力データは100MHzのクロックにより、時刻901、時刻902、時刻903・・・において、入力信号が0か1かを判断しラッチされる。時刻901、時刻902、時刻903・・・の間隔は10nsecであり、粗タイマーと

【0066】

図8に示す入力信号800は、粗タイマーの周期10nsecに対し、5.5nsecの端数を持った信号の場合を示す。DFF820への入力データは10個の遅延回路により1nsecのステップで遅延したデータ(以下エンコード値と称する)であるから、図9のD901に示す波形となる。例えば入力信号800の遅延が前記5.4nsecの場合を図9のD902に示し、遅延回路1から遅延回路4に対応したDFF820の出力は1となり、遅延回路5に対応したDFF820の出力以降が01となり、1nsec単位の時刻は5nsecと決定する。即ち、入力信号の遅延時刻は、DFF820の出力が1から0に変化した最初の遅延回路の番号により精密時刻を決定する。本方法により、図8に示す回路は10nsecの粗タイマーから、1nsec単位の精密な時刻を決定することができるので精密タイマーと称することとする。

【0067】

・「実施例1における基地局Bの受信時刻の補正方法」

基地局Bにおけるタイミング補正方法を図10により説明する。

【0068】

簡単のため、単一パルスとして説明する。

【0069】

図10において、1000は同期信号パルス P_{a_s} 、1001は測位信号パルス P_{a_r} 、1002は同期信号パルス P_{b_s} 、1003は測位信号パルス P_{b_r} 、D101は同期信号区間、D102は測位信号区間、D103は同期信号区間をそれぞれ示す。

【0070】

基地局A401が同期信号 P_{a_s} 1000を送信すると、基地局B302は基地局A401と基地局B302間の遅延分ずれ T_{p_b} 後に同期信号 P_{b_s} 1002を受信する。遅延時間 T_{p_b} は事前に測定して分かっているものとする。基地局A401基地局B302ともに、粗クロック(ここでは繰り返し周波数=100MHz、周期 $T_k=10nsec$ とする)で動作しているが、基地局A401と基地局B302は同期していないため、クロックが T_{o_b} 時間ずれている。基地局A401からの同期信号を、基地局B302で受信した時刻を、基地局B302のタイマーでカウントした時、粗クロックに対して T_{f_b} ずれて測定されたならば、

【 0 0 7 1 】

【 数 1 】

$$T_{0b} = (T_{pb} - T_{fb}) \bmod Tk \quad \dots (1)$$

【 0 0 7 2 】

ただし、mod は剰余計算

・ 式により、基地局 A に対する基地局 B のタイマのずれが分かる。

10

【 0 0 7 3 】

例えば、 $T_{pb} = 104 \text{ nsec}$ 、 $T_{fb} = 3 \text{ nsec}$ の時、 $T_{0b} = (104 - 3) \bmod 10 = 1$ となり、基地局 A 401 と基地局 B 302 の精密タイマのずれ T_{0b} は 1 nsec ということが分かる。

【 0 0 7 4 】

基地局 A 401 では、同期信号パルス $P_{as} 1000$ 送信後、 T_a 時間後に測位信号 $P_{ar} 1001$ を送信する。基地局 B 302 では、同期信号パルス $P_{bs} 1002$ 受信後の、次のクロックから T_b 時間後に測位信号パルス $P_{br} 1003$ を送信する。 T_b は (2) 式で求まる。

【 0 0 7 5 】

20

【 数 2 】

$$T_b = \{(T_a - T_{pb} + T_{0b}) \text{div} T_k\} \times T_k \quad \dots (2)$$

【 0 0 7 6 】

但し、div は割り算の整数部分

例えば、 $T_a = 1000 \text{ nsec}$ 、 $T_{pb} = 104 \text{ nsec}$ 、 $T_{0b} = 1 \text{ nsec}$ の時、 $T_b = \{(1000 - 104 + 1) \text{div} 10\} \times 10 = 890$ となる。 $P_{ar} 1001$ と $P_{br} 1003$ は、クロックがずれているため、同時に出すことはできず、 $P_{br} 1003$ は $P_{ar} 1001$ に対して T_{0b} だけ時刻がずれて送信される。このクロックのずれ T_{0b} を基地局 B 302 からの測位信号 D 103 にデータとして乗せて、移動端末 M 305 に送信する。

30

【 0 0 7 7 】

上記は、各局から単一パルスが送信されものとして説明したが、実際には各局からは複数の信号パルス列が送信されるので、以下に説明する。

・ 「実施例 1 の各局における信号の送信と受信のタイミング」

図 11 に各局における信号の送信と受信のタイミングを示す。

【 0 0 7 8 】

40

図 11 において、1101 は同期信号送信、1102 は同期基準パルス送信時刻 t_{sa} 、1103 は測位信号 A 送信、1104 は基準パルス A 送信時刻 t_{ta} 、1105 は基地局 A データ送信、1106 は同期信号受信、1107 は同期基準パルス受信時刻 t_{sb} 、1108 は測位信号 B 送信、1109 は基準パルス B 送信時刻 t_{tb} 、1110 は基地局 B データ送信、1111 は同期信号受信、1112 は測位信号 A 受信、1113 は測位信号 B 受信、1114 は基準パルス A 受信時刻 t_{ra} 、1115 は基準パルス B 受信時刻 t_{rb} 、1116 は基地局 A データ受信、1117 は基地局 B データ受信をそれぞれ示す。

【 0 0 7 9 】

基地局 A 401 から、同期信号パルス列 1101 が送信されるが、プリアンブル後の最初のパルスの位置 $t_{sa} 1102$ が時間基準になる。基地局 B 302 では、 T_{pb} 時間後の

50

時刻 $t_{sb} 1107$ に基準パルスが受信される。基地局 A 401 では、基準パルス送信後 T_a に測位信号 A 1103 のパルス列が送信される。

【0080】

基地局 B 302 では、基準パルスを時刻 $t_{sb} 1107$ で受信した後の、クロック同期 T_b 後に、測位信号 B パルス列 1108 が送信される。測位信号 A パルス 1103 と測位信号 B パルス 1108 は、 T_{ob} ずれており、基地局 A 401 の測位信号 A 送信 1103 のプリアンプ後の基準パルスの時刻 $t_{ta} 1104$ と、基地局 B 302 の測位信号 B 送信 1108 のプリアンプ後の基準パルスの時刻 $t_{tb} 1409$ も、 T_{ob} ずれている。

【0081】

測位信号 A パルス列 1103 の基準パルスは、送信時刻 $t_{ta} 1104$ から T_{ma} 後の時刻 $t_{ra} 1114$ に移動端末 M 305 に到着し、測位信号 B パルス列 1108 の基準パルスは、送信時刻 $t_{tb} 1109$ から T_{mb} 後の時刻 $t_{rb} 1115$ に移動端末 M 305 に到着する。移動端末 M 305 では、 $t_{ra} 1114$ と $t_{rb} 1115$ の時刻を測定して、到着時間差を求める。

【0082】

基地局 A 305 と基地局 B 302 から送信する測位信号の時間は重なるため、異なる擬似ランダム符号系列（以下 PN 系列）を使用することで、同期信号パルス列を区別する。

【0083】

図 6 における基地局 B 302 の受信部の相関器 616 で、同期信号受信 1106 内のプリアンプが検出され、基準パルスが検出されたならば、その時の精密タイマーの値 $t_{sb} 1107$ がラッチされ、MPU 601 に取り込まれる。MPU 601 はその時点から、(2) 式により T_b の演算を行い、 T_b 後を周期タイマ - 605 で測定し、その時刻に、測位信号パルス列 1108 の送信が開始される。

【0084】

また、基地局 A 401 と基地局 B 302 のクロックのずれ T_{ob} は、MPU 601 内において、(1) 式により計算され、補正值送信データとして移動端末 M 305 に送られる。

【0085】

尚、基地局 B 302 で受信する基準パルスの時刻位置 $t_{sb} 1107$ は、PN 系列によって最初のパルス位置がホッピングされてずれているため、該ホッピング値は到着時刻に対して補正する。

【0086】

「実施例 1 の移動端末における到着時間差と位置座標の決定方法」

図 4 における移動端末 M 305 では、各基地局からの測位信号電波の到着時刻差を求めるが、例えば、基地局 A 401 と基地局 B 302 とでは、同時に測位信号が出ておらず、 T_{ob} だけずれているため、移動端末 M 305 で求めた到着時間差に対して、 T_{ob} を差し引いて補正する。

【0087】

移動端末 M 305 の動作を図 12 を用いて説明する。

【0088】

図 12 において、1201 は MPU (マイクロプロセッサユニット)、1202a は受信ブロック A、1202b は受信ブロック B、1202c は受信ブロック C、1203 はラッチ、1204 はラッチ、1205 は PN 系列発生部、1206 は受信データ、1207 は PPM データ復調部、1208 は相関器、1209 は基準クロック、1210 は粗タイマー、1211 は精密タイマー、1212 はパルス検出部、1213 は LNA (低雑音増幅器)、1214 は受信 BPF (バンドパスフィルタ)、1215 は受信アンテナをそれぞれ示す。

【0089】

移動端末 M 305 は、基地局の数だけ受信ブロックを有し、同時に複数の基地局からパルス信号が来ても受信できるようになっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

パルス信号が受信されると、パルスのエッジが粗タイマー 1 2 1 0 および精密タイマー 1 2 1 1 により測定されるとともに、各受信ブロックの相関器 1 2 0 8 に入力される。基地局ごとに異なる P N 系列が割り振られているため、各 P N 系列に従って、相関器 1 2 0 8 で相関演算が行われる。

【 0 0 9 1 】

受信ブロック A 1 2 0 2 a では、基地局 A 4 0 1 からのパルス信号を検出する。基地局 A 4 0 1 からの同期信号パルス列のプリアンプルが検出されたならば、プリアンプル後の最初の基準パルスで精密タイマーの値と粗タイマーの値がラッチされ、M P U 1 2 0 1 に入力される。また、基地局 A 4 0 1 から送信されたデータは、P P M データ復調部 1 2 0 7 で P P M 復調されて、M P U 1 2 0 1 に入力される。粗タイマー 1 2 1 0 と精密タイマー 1 2 1 1 の動作は、図 8、図 9 を用いて説明した基地局 B 3 0 2 の場合と同様である。

10

【 0 0 9 2 】

M P U 1 2 0 1 では、入力した各基地局からのパルスの到着時刻を用いて、到着時刻差を求めることにより測位計算を行う。各基地局の位置座標は、各基地局から送信データに乘せられ移動端末 M 3 0 5 に通知される。

【 0 0 9 3 】

M P U 1 2 0 1 内では、受信ブロック A 1 2 0 2 a の粗タイマー 1 2 1 0 と精密タイマー 1 2 1 1 から通知された値から、基地局 A の測位信号パルスの到着時刻 $t_{ra}1114$ を求める。また、受信ブロック B からの、粗タイマーの値と精密タイマーの値から到着時刻 $t_{rb}1115$ を求め、さらに、到着時刻 $t_{rb}1115$ は、送信時刻が T_{0b} ずれているため、(3) 式による補正を行う。

20

【 0 0 9 4 】

【 数 3 】

$$t_{rb0} = t_{rb} - T_{0b} \quad \dots (3)$$

【 0 0 9 5 】

(3) 式により補正された値 t_{rb0} が正確な到着時刻を示す。基地局 C 3 0 4 については、基地局 A 4 0 1 に対し、前記 T_{0b} と同様にして求めた送信時刻のずれ T_{0c} を用いて、補正した到着時刻 t_{rc0} が求められ、(4) 式となる。

30

【 0 0 9 6 】

【 数 4 】

$$t_{rc0} = t_{rc} - T_{0c} \quad \dots (4)$$

【 0 0 9 7 】

図 1 3 を用いて、移動端末 M 3 0 5 の位置を決定する方法を説明する。

40

【 0 0 9 8 】

図 1 3 において、図 4 と同じものは同一の番号を付してある。基地局 A 4 0 1、基地局 B 3 0 2、基地局 C 3 0 3 および移動端末 M 3 0 5 の位置座標を、それぞれ (x_a, y_a) 、 (x_b, y_b) 、 (x_c, y_c) 、 (x_m, y_m) とし、移動端末 M 3 0 5 から、基地局 A 3 0 1、基地局 B 3 0 2、基地局 C 3 0 3 までの距離をそれぞれ、 r_a 、 r_b 、 r_c とする。

【 0 0 9 9 】

各座標と距離の関係は、

【 0 1 0 0 】

50

【数 5】

$$(x_m - x_a)^2 + (y_m - y_a)^2 = r_a^2 \quad \dots (5)$$

【0101】

【数 6】

$$(x_m - x_b)^2 + (y_m - y_b)^2 = r_b^2 \quad \dots (6)$$

10

【0102】

【数 7】

$$(x_m - x_c)^2 + (y_m - y_c)^2 = r_c^2 \quad \dots (7)$$

【0103】

また、移動端末 M 3 0 5 から、基地局 A 3 0 1 までと基地局 B 3 0 2 までの距離差 $d_{ab} = r_a - r_b$ は、光速を c とすれば、 $d_{ab} = c(t_{ra} - t_{rb0})$ であるから、 r_b は (8) 式となる。 20

【0104】

【数 8】

$$r_b = r_a - c(t_{ra} - t_{rb0}) \quad \dots (8)$$

【0105】

同様に、移動端末 M 3 0 5 から、基地局 A 3 0 1 までと基地局 C 3 0 3 までの距離差 $d_{ac} = r_a - r_c$ は、 $d_{ac} = c(t_{ra} - t_{rc0})$ であるから、 r_c は (9) 式となる。 30

【0106】

【数 9】

$$r_c = r_a - c(t_{ra} - t_{rc0}) \quad \dots (9)$$

【0107】

(8)、(9) 式による r_b 、 r_c を、(6)、(7) 式に代入すれば、(5)、(6)、(7) 式から、未知数 x_m 、 y_m 、 r_a を含む連立方程式を表すマトリクス (10) が得られる。 40

【0108】

【数 10】

$$A \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \end{bmatrix} = Br_a + C \quad \dots (10)$$

【0109】

ただし、 A は 2 行 2 列のマトリクスで、各要素は、

$$a_{11} = 2(x_b - x_a) \quad a_{12} = 2(y_b - y_a)$$

50

$$a_{21} = 2(x_c - x_a) \quad a_{22} = 2(y_c - y_a)$$

Bは2行1列のマトリクスで、各要素は、

$$b_1 = 2c(t_{ra} - t_{rb0})$$

$$b_2 = 2c(t_{ra} - t_{rc0})$$

Cは2行1列のマトリクスで、各要素は、

$$c_1 = -x_a^2 + x_b^2 - y_a^2 + y_b^2 - c^2(t_{ra} - t_{rb0})^2$$

$$c_2 = -x_a^2 + x_c^2 - y_a^2 + y_c^2 - c^2(t_{ra} - t_{rc0})^2$$

(10)式より、det A ≠ 0の条件でx_m、y_mを求めると、Aの逆マトリクスA⁻¹を用いて(11)式となる。

【0110】

【数11】

$$\begin{bmatrix} x_m \\ y_m \end{bmatrix} = A^{-1}Br_a + A^{-1}C \quad \dots (11)$$

【0111】

(11)式によるx_m、y_mをそれぞれ、(5)式に代入すると、

未知数x_m、y_mを含まない、未知数r_aに関する2次式となり、r_aは、各基地局の座標と、各基地局で測定された移動局M305からの信号到着時間差により表現された解として求まる。得られた解r_aを、(11)式に代入すれば、求める移動局Mの座標値x_mとy_mがそれぞれ求められ、移動局M305の位置が決定される。

【0112】

尚、図11において、各基地局の測位信号の後には、測位のためのデータが送信され、移動端末M305で受信される。基地局A301から送信される基地局Aデータ送信1105は、基地局A401の座標(x_a, y_a)を含む。また、基地局B302から送信される基地局Bデータ送信1110は、基地局B302の座標(x_b, y_b)と、タイマーのずれT_{0b}を含む。同様に基地局C303から送信される基地局Cデータ送信(図示せず)は、基地局C303の座標(x_c, y_c)と、タイマーのずれT_{0c}を含む。

【0113】

また、TDOAによる2次元測位では、基地局は最低3局あれば良いが、電波遮蔽等で基地局からの電波が移動端末で受信できない場合があるため、4基地局以上の冗長構成を取ることが現実的である。図4には、4つの基地局の場合を示す。この場合基地局D304のタイミングのずれT_{0d}は、前記と同様にして求め、移動端末M305における、基地局D304からの補正された到達時刻t_{rd0}も同様にして求まる。従って、例えば基地局C303からの信号が遮断された場合は、基地局D304からの信号により、(9)式においてt_{rc0}の代わりにt_{rd0}を用い、r_cの代わりにr_dを用い、基地局C303の座標(x_c, y_c)の代わりに、基地局D304の座標(x_d, y_d)を用い、前記と同様にして移動端末M305の位置座標(x_m, y_m)が決定できる。

【0114】

また、実施例1では、前記移動端末305は1台としたが、複数の移動端末とすることも出来る。この場合、各基地局が各移動端末に対し測位信号を各移動端末ごとに個別に、あるいは、同報的に信号電波を送信し、前記各移動端末は受信した時刻と、前記各基地局から送信された、前記各基地局のクロックのずれ時間を含む時間差データと、各基地局の位置座標を用いて、前記複数移動端末の位置座標を決定することが出来る。

【実施例2】

【0115】

実施例2においては、基準局を兼ねた1つの基地局から他の少なくとも2つの基地局に対し、同期用信号を同報し、該他の少なくとも2つの基地局は受信した同期信号の時刻から、それぞれ自局のタイマーのずれを測定し、さらに、各基地局は測位信号パルスが、移動端末で時間的に重ならないように、測位信号パルスの送信時刻に差つけて送信する。測位信

10

20

30

40

50

号の送信時刻の差は、各基地局からのデータ信号に乗せて移動端末に送信し、移動端末は、各基地局から送信された測位信号の受信時刻を、前記送信時刻の差により補正し、該移動端末の位置を検出する。

・「実施例 2 の無線測位システムの通信ルート構成」

本実施例における無線測位システムの通信ルート構成は、実施例 1 と同じで図 4 に示す。

・「実施例 2 の各局における信号の送信と受信のタイミング」

図 1 4 に、実施例 2 による各局からの信号の送信と受信のタイミングを示す。

【 0 1 1 6 】

図 1 4 において、1 4 0 1 は同期信号送信、1 4 0 2 は同期基準パルス送信時刻 t_{s_a} 、1 4 0 3 は測位信号 A 送信、1 4 0 4 は基準パルス A 送信時刻 t_{t_a} 、1 4 0 5 は基地局 A データ送信、1 4 0 6 は同期信号受信、1 4 0 7 は同期基準パルス受信時刻 t_{s_b} 、1 4 0 8 は測位信号 B 送信、1 4 0 9 は基準パルス B 送信時刻 t_{t_b} 、1 4 1 0 は同期信号受信、1 4 1 1 は測位信号 A 受信、1 4 1 2 は基準パルス A 受信時刻 t_{r_a} 、1 4 1 3 は測位信号 B 受信、1 4 1 4 は基準パルス B 受信時刻 t_{r_b} 、1 4 1 5 は基地局 A データ受信をそれぞれ示す。

【 0 1 1 7 】

基地局 A 4 0 1 から、同期信号パルス列 1 4 0 1 が送信されるが、プリアンブル後の最初のパルスの位置 t_{s_a} 1 4 0 2 が時間基準になる。基地局 B 3 0 2 では、 T_p 時間後の時刻 t_{s_b} 1 4 0 7 に基準パルスが受信される。基地局 A 4 0 1 では、基準パルス送信後 T_a に測位信号 A 1 4 0 3 のパルス列が送信される。

【 0 1 1 8 】

基地局 B 3 0 2 では、基準パルスを時刻 t_{s_b} 1 4 0 7 で受信した後の、測位信号 A 1 4 0 3 の送信開始時刻から (1 2) 式に示す T_{wb} の時間待つて、測位信号 A 1 4 0 3 の送信が終了した時刻以降の、基準パルス 1 4 0 7 受信終了から T_b 後に、測位信号 B パルス列 1 1 0 8 が送信される。

【 0 1 1 9 】

【 数 1 2 】

$$T_{wb} > T_{as} + T_{ammax} \quad \dots (12)$$

【 0 1 2 0 】

ただし、 T_{as} は基地局 A における測位信号 A 1 6 0 1 の送信期間、 T_{ammax} は基地局 A 4 0 1 から移動端末 M 3 0 5 が移動する範囲の最大伝播遅延時間を示す。

【 0 1 2 1 】

T_b は (1 3) 式で計算される。

【 0 1 2 2 】

【 数 1 3 】

$$T_b = \{(T_a - T_{pb} + T_{ob}) \div T_k\} \times T_k + T_{wb} \quad \dots (13)$$

【 0 1 2 3 】

測位信号 A パルス 1 4 0 3 と測位信号 B パルス 1 4 0 8 は、送信開始時刻が T_{wb} ずれており、基地局 A 4 0 1 の測位信号 A 送信 1 1 0 3 のプリアンブル後の基準パルスの時刻 t_{t_a} 1 4 0 4 と、基地局 B 3 0 2 の測位信号 B 送信 1 4 0 8 のプリアンブル後の基準パルスの時刻 t_{t_b} 1 4 0 9 も、 T_{wb} ずれている。

【 0 1 2 4 】

測位信号 A パルス列 1 4 0 3 の基準パルスは、送信時刻 t_{t_a} 1 4 0 4 から T_{ma} 後の

10

20

30

40

50

時刻 $t_{ra}1412$ に移動端末 M305 に到着し、測位信号 B パルス列 1408 の基準パルスは、送信時刻 $t_{tb}1409$ から T_{mb} 後の時刻 $t_{rb}1414$ に移動端末 M305 に到着する。移動端末 M305 では、 $t_{ra}1412$ と $t_{rb}1414$ の時刻を測定して、到着時間差を求める。

【0125】

実施例 2 においては、基地局 A305 と基地局 B302 から送信する測位信号の時間は重ならないため、同じ PN 系列を使用することができる。

【0126】

実施例 2 における、基地局 A401 と基地局 B の構成は、実施例 1 と同じく図 5、および図 6 に示される

図 6 における基地局 B302 の受信部の関連器 616 で、図 14 の同期信号受信 1406 内のプリアンプルが検出され、基準パルスが検出されたならば、その時の精密タイマーの値 $t_{sb}1407$ がラッチされ、MPU601 に取り込まれる。MPU601 はその時点から、(13) 式により T_b の演算を行い、 T_b 後を周期タイマー - 605 で測定し、その時刻に、測位信号パルス列 1408 の送信が開始される。

【0127】

また、基地局 A401 と基地局 B302 のクロックのずれ T_{ob} は、MPU601 において、実施例 1 と同じく、(1) 式により計算され、補正值送信データとして (13) 式の T_{ob} に反映され、(12) 式の条件を満たす T_{wb} の設定に用いられ、設定された T_{wb} の情報データは移動端末 M305 に送られる。

【0128】

尚、基地局 B302 で受信する基準パルスの時刻位置 $t_{sb}1407$ は、PN 系列によって最初のパルス位置がホッピングされてずれているため、該ホッピング値は到着時刻に対して補正する。

【0129】

また、図 14 において、各基地局の測位信号の後には、測位のためのデータが送信され、移動端末 M305 で受信される。基地局 A301 から送信される基地局 A データ送信 1405 は、基地局 A401 の座標 (x_a, y_a) を含む。また、基地局 B302 から送信される基地局 B データ送信 (図示せず) は、基地局 B302 の座標 (x_b, y_b) と、送信時刻の差 T_{wb} を含む。同様に基地局 C303 から送信される基地局 C データ送信 (図示せず) は、基地局 C303 の座標 (x_c, y_c) と、送信時刻の差 T_{wc} を含む。

【0130】

基地局 C303 における、測位信号の送信開始時刻と、基地局 A401 の測位信号送信開始時刻の差 T_{wc} は、前記 T_{wb} と同様の目的により、(14) 式で設定する。

【0131】

【数 14】

$$T_{wc} > T_{wb} + T_{bs} + T_{bmax} \quad \dots (14)$$

【0132】

ただし、 T_{bs} は基地局 B における測位信号 B の送信期間、 T_{bmax} は基地局 B302 から移動端末 M305 が移動する範囲の最大伝播遅延時間、 T_{wb} は基地局 B302 における測位信号 B 1408 を送信開始する時刻と、測位信号 A 送信 1403 を送信開始する時刻との時間差を示す。

【0133】

また、基地局 C303 が、(14) 式による T_{wc} の条件を満たし、前記測位信号 C を送信開始する時刻は、基準パルス受信時刻からの差 T_c (15) 式により計算される。

10

20

30

40

【数 15】

$$T_c = \{(T_a - T_{pc} + T_{0c}) \div T_k\} \times T_k + T_{wc} \quad \cdot \cdot \quad (15)$$

【0134】

「実施例 2 の移動端末における到着時間差と位置座標の決定方法」

図 4 における移動端末 M 3 0 5 では、各基地局からの測位信号電波の到着時刻差を求め
るが、例えば、基地局 A 4 0 1 と基地局 B 3 0 2 とでは、同時に測位信号が出ておらず、
T_{wb} だけずれているため、移動端末 M 3 0 5 で求めた到着時間差に対して、T_{wb} を
差し引いて補正する。 10

【0135】

移動端末 M 3 0 5 の動作を図 15 を用いて説明する。

【0136】

図 15 において、1501 は MPU (マイクロプロセッサユニット)、1502 はラ
ッチ、1503 はラッチ、1504 は PN 系列発生部、1505 は受信データ、1506
は PPM データ復調部、1507 は相関器、1508 は基準クロック、1509 は粗タイ
マー、1510 は精密タイマー、1511 はパルス検出部、1512 は LNA (低雑音増
幅器)、1513 は受信 BPF (バンドパスフィルタ)、1514 は受信アンテナをそれ
ぞれ示す。 20

【0137】

実施例 2 における移動端末 M 3 0 5 は、各基地局からの信号は時分割で送信されるので
、1 系統の受信機能で複数基地局からのパルス信号を受信できる。

【0138】

パルス信号が受信されると、パルスのエッジが粗タイマー 1509 および精密タイマー
1510 により測定されるとともに、相関器 1507 に入力される。各基地局共通の PN
系列が用いられるため、1 つの PN 系列発生部 1504 を用いて、相関器 1507 で相関
演算が行われる。

【0139】

相関器 1507 において、基地局 A 4 0 1 からの同期信号パルス列のプリアンプルが検
出されたならば、プリアンプル後の最初の基準パルスで精密タイマーの値と粗タイマーの
値がラッチされ、MPU 1501 に入力される。また、基地局 A 4 0 1 から送信されたデ
ータは、PPM データ復調部 1506 で PPM 復調されて、MPU 1501 に入力される
。粗タイマー 1509 と精密タイマー 1510 の動作は、図 8、図 9 を用いて説明した実
施例 1 の基地局 B 3 0 2 の場合と同様である。 30

【0140】

MPU 1501 内では、粗タイマー 1509 と精密タイマー 1510 から通知された
値から、基地局 A 4 0 1 からの測位信号パルスの到着時刻 t_{ra} 1412、基地局 B 3 0
2 からの測位信号パルスの到着時刻 t_{rb} 1414 を求める。

【0141】

さらに、t_{rb} 1414 に対しては、基地局 B 3 0 2 からの測位信号パルスの送信時刻
が T_{wb} だけずれているため、(16) 式による補正を行う。 40

【0142】

【数 16】

$$t_{rb0} = t_{rb} - T_{wb} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (16)$$

【0143】

(16) 式により補正された値 t_{rb0} が正確な到着時刻を示す。 50

基地局 C 3 0 4 については、基地局 A 4 0 1 に対し、前記 T_{wb} と同様にして求めた送信時刻のずれ T_{wc} を用いて、補正した到着時刻 t_{rc0} が求められ、(17) 式となる。

【0144】

【数17】

$$t_{rc0} = t_{rc} - T_{wc} \quad \dots (17)$$

【0145】

移動端末 M 3 0 5 内の MPU 1 5 0 1 では、前記各基地局からの測位信号パルスの到着時刻を用いて、各基地局から移動端末 M 3 0 5 までの到着時刻差を求める。

10

【0146】

各基地局の位置座標は、各基地局から送信データに乘せられ移動端末 M 3 0 5 に通知されたデータを使用する。

【0147】

各基地局から移動端末 M 3 0 5 までの測位信号パルスの到着時間差と、各基地局の位置座標が求まると、実施例 1 と同様にて、(5) ~ (11) により、移動端末 M 3 0 5 の位置座標 (x_m, y_m) が決定できる。

【0148】

また、TDOA による 2 次元測位では、基地局は最低 3 局あれば良いが、電波遮蔽等で基地局からの電波が移動端末で受信できない場合があるため、4 基地局以上の冗長構成を取ることが現実的である。図 4 には、4 つの基地局の場合を示す。この場合基地局 D 3 0 4 のタイミングのずれ T_{0d} は、前記と同様にして求まり、移動端末 M 3 0 5 における、基地局 D 3 0 4 からの補正された到達時刻 t_{rd0} も同様にして求まる。従って、例えば基地局 C 3 0 3 からの信号が遮断された場合は、基地局 D 3 0 4 からの信号により、(9) 式において t_{rc0} の代わりに t_{rd0} を用い、 r_c の代わりに r_d を用い、基地局 C 3 0 3 の座標 (x_c, y_c) の代わりに、基地局 D 3 0 4 の座標 (x_d, y_d) を用い、前記と同様にして移動端末 M 3 0 5 の位置座標 (x_m, y_m) が決定できる。

20

【0149】

また、実施例 2 では、前記移動端末 3 0 5 は 1 台としたが、複数の移動端末とすることも出来る。この場合、各基地局が各移動端末に対し測位信号を各移動端末ごとに個別に、あるいは、同報的に測位信号パルスを送信し、前記各移動端末は前記測位信号パルスを受信した時刻と、前記各基地局から送信された、前記各基地局のクロックのずれ時間を含む時間差データと、各基地局の位置座標を用いて、前記複数移動端末の位置座標を決定することが出来る。

30

【実施例 3】

【0150】

実施例 3 においては、基準局を兼ねた 1 つの基地局から、他の基地局および移動端末に送信する測位信号パルスを、同期用信号としても用い、該他の少なくとも 2 つの基地局は受信した同期信号の時刻から、それぞれ自局のタイマーのずれを測定し、さらに、各基地局は測位信号パルスが、移動端末で時間的に重ならないように、測位信号パルスの送信時刻に差つけて送信する。測位信号の送信時刻の差は、各基地局からのデータ信号に乘せて移動端末に送信し、移動端末は、各基地局から送信された測位信号の受信時刻を、前記送信時刻の差により補正し、該移動端末の位置を検出する。

40

・「実施例 3 の無線測位システムの通信ルート構成」

本実施例における無線測位システムの通信ルート構成は、実施例 1 と同じで図 4 に示す。

・「実施例 3 の各局における信号の送信と受信のタイミング」

図 1 6 に、実施例 3 による各局からの信号の送信と受信のタイミングを示す。

【0151】

50

図16において、1601は測位信号A送信、1602は基準パルスA送信時刻 t_{ta} 、1603は基地局Aデータ送信、1604は測位信号A受信、1605は基準パルスA受信時刻 t_{sb} 、1606は測位信号B送信、1607は基準パルスB送信時刻 t_{tb} 、1608は測位信号A受信、1609は基準パルスA受信時刻 t_{sc} 、1610は測位信号C送信、1611は基準パルスB送信時刻 t_{tb} 、1612は測位信号A受信、1613は基準パルスA受信時刻 t_{ra} 、1614は測位信号B受信、1615は基準パルスB受信時刻 t_{rb} 、1616は測位信号C受信、1617は基準パルスC受信時刻 t_{rc} 、1618は基地局Aデータ受信をそれぞれ示す。

【0152】

基地局B302から送信される測位信号B送信1606は、実施例2の場合と同じく、基地局A401の測位信号A送信1601とは、移動端末M305において重ならない様に、(12)式により前もって決められた固定値 T_{wb} の時間差をつけて送信される。

10

【0153】

前記測位信号B送信1606の送信開始時刻は、時刻 t_{sb} 1605の次のクロックから(18)式による T_b の時間差待った時刻に設定される。

【0154】

【数18】

$$T_b = \{(T_{wb} - T_{pb} + T_{ob}) \text{div} Tk\} \times T_k \quad \dots (18)$$

20

【0155】

ただし、 T_{wb} は前記(12)式による時間差、 t_{sb} は基地局A401からの測位信号Aの基準パルス受信時刻1605、 T_{pb} は基地局A401から基地局B302までの伝播遅延時間、 T_{ob} は基地局B302と基地局A401の時刻ずれ、 T_k はクロック周期をそれぞれ示す。

【0156】

同様にして、基地局C303の測位信号C送信1611の送信開始時刻は、時刻 t_{sc} 1609の次のクロックから(19)式による T_c の時間差待った時刻に設定される。

【0157】

【数19】

$$T_c = \{(T_{wc} - T_{pc} + T_{oc}) \text{div} Tk\} \times T_k \quad \dots (19)$$

30

【0158】

ただし、 T_{wc} は(20)式による時間差、 T_{pc} は基地局A401から基地局C303までの伝播遅延時間、 T_{oc} は基地局C303と基地局A401の時刻ずれ、 T_k はクロック周期をそれぞれ示す。

【0159】

【数20】

$$T_{wc} > T_{wb} + T_{bs} + T_{bm \max} \quad \dots (20)$$

40

【0160】

ただし、 T_{bs} は基地局B302における測位信号B1606の送信期間、 T_{wb} は(12)式で設定した基地局B302の測位信号B1606の遅延時間、をそれぞれ示す。

【0161】

第3の実施例では、同期専用の信号を必要としないので、基地局A401の構成が簡単

50

になる。

【0162】

・「実施例3の移動端末における到着時間差と位置座標の決定方法」

移動端末M305の構成は、実施例2の場合と同じく図15に示される。

【0163】

実施例3では、実施例2における移動端末M305と同様にして、移動端末M305内のMPU1501が、前記各基地局からの測位信号パルスの到着時刻の補正を、(16)、(17)式を用いて行い、各基地局から移動端末M305までの到着時刻差を求める。

【0164】

各基地局の位置座標は、各基地局から送信データに乗せられ移動端末M305に通知されたデータを使用する。

10

【0165】

各基地局から移動端末M305までの測位信号パルスの到着時間差と、各基地局の位置座標が求まると、実施例1と同様にて、(5)~(11)により、移動端末M305の位置座標(x_m, y_m)が決定できる。

【0166】

また、TDOAによる2次元測位では、基地局は最低3局あれば良いが、電波遮蔽等で基地局からの電波が移動端末で受信できない場合があるため、4基地局以上の冗長構成を取ることが現実的である。図4には、4つの基地局の場合を示す。この場合基地局D304のタイミングのずれ T_{0d} は、前記と同様にして求まり、移動端末M305における、基地局D304からの補正された到達時刻 t_{rd0} も同様にして求まる。従って、例えば基地局C303からの信号が遮断された場合は、基地局D304からの信号により、(9)式において t_{rc0} の代わりに t_{rd0} を用い、 r_c の代わりに r_d を用い、基地局C303の座標(x_c, y_c)の代わりに、基地局D304の座標(x_d, y_d)を用い、前記と同様にして移動端末M305の位置座標(x_m, y_m)が決定できる。

20

【0167】

また、実施例3では、前記移動端末305は1台としたが、複数の移動端末とすることも出来る。この場合、各基地局が各移動端末に対し測位信号を各移動端末ごとに個別に、あるいは、同報的に信号電波を送信し、前記各移動端末は受信した時刻と、前記各基地局から送信された、前記各基地局のクロックのずれ時間を含む時間差データと、各基地局の位置座標を用いて、前記複数移動端末の位置座標を決定することが出来る。

30

(付記1)

少なくとも3つの基地局から測位信号パルスを送信して、移動端末の位置座標を決定する無線測位システムであって、

前記基地局は、1つの主基地局と複数の従基地局を含み、

前記主基地局は、

同期信号パルスを前記従基地局に送信するとともに、前記移動端末に測位信号パルスを前記同期信号パルスの送信終了後の所定の時刻に送信する手段を備え、

前記従基地局は、

同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行い、

40

前記主基地局から送信された同期信号パルスと前記従基地局のクロックとのクロックのずれ時間を測定する手段と、

前記主基地局の同期信号パルス受信時刻から、前記クロックのずれ時間を含む時間差を加えた時刻に、測位信号パルスを前記移動端末に送信する手段と、

前記時間差のデータを前記移動端末に送信する手段とを備え、

前記移動端末は、

前記測位信号パルスを受信した時刻を、前記主基地局と前記従基地局から送信された、クロックのずれ時間を含む所定の時間差のデータを用いて、所定の周期で補正する手段と、

50

前記測位信号パルスを受信した時刻と、前記移動端末に保存した前記主基地局と前記従基地局の位置座標とを用いて、前記移動端末の位置座標を決定する手段と、
を備えたことを特徴とする無線測位システム。

(付記 2)

付記 1 記載の基地局は、前記移動端末への測位信号パルスの送信を、所定の周期で繰り返す手段を備えたことを特徴とする基地局。

(付記 3)

付記 1 記載の基地局は、インパルス化された超広帯域無線信号を送信することを特徴とする基地局。

(付記 4)

付記 1 記載の基地局は、所定の擬似ランダムデジタル信号が、任意のデジタル信号によりパルス位置変調され、該パルス位置変調された擬似ランダムデジタル信号のチップ幅の特定位置でインパルス化された信号を送信することを特徴とする基地局。

(付記 5)

付記 1 記載の基地局は、生成する擬似ランダムデジタル信号として、リードソロモン符号によりパルス位置変調された信号を用いることを特徴とする基地局。

(付記 6)

付記 1 記載の基地局は、送信するインパルス化された信号を所定の帯域通過濾波器で帯域制限する手段を備えたことを特徴とする基地局。

(付記 7)

付記 1 記載の従基地局は、同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が受信し検出した信号と、前記従基地局が備えた前記主基地局と同じ擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行う手段を備えたことを特徴とする基地局。

(付記 8)

付記 1 記載の従基地局は、同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行うことを特徴とする基地局。

(付記 9)

付記 1 記載の基地局は、移動端末に送信する測位信号パルスを、前記主基地局と従基地局からの測位信号パルスが前記移動端末において時間的に重ならない時間差をつけた所定の時刻に送信する手段と、

前記時間的に重ならない時間差のデータを前記移動端末に送信する手段と、
 を備えたことを特徴とする基地局。

(付記 10)

付記 1 記載の基地局は、前記時間的に重ならない時間差で行なう測位信号パルスの送信と、前記時間差のデータの送信を、所定の周期で繰り返す手段を備えたことを特徴とする基地局。

(付記 11)

付記 1 記載の従基地局は、前記主基地局より受信した同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行うことを特徴とする基地局。

(付記 12)

付記 1 記載の従基地局は、前記時間的に重ならない時間差をつけて測位信号パルスを送信する時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行なうことを特徴とする基地局。

(付記 13)

付記 1 記載の主基地局は、前記同期信号パルスの機能を備えた測位信号パルスを送信する手段を備えたことを特徴とする基地局。

10

20

30

40

50

(付記 14)

前記主基地局は、同期信号パルスの機能を備えた測位信号パルスの前記移動端末への送信を、所定の周期で繰り返す手段を備えたことを特徴とする基地局。

(付記 15)

付記 1 記載の基地局は、所定の擬似ランダムデジタル信号が、任意のデジタル信号によりパルス位置変調される手段と、

前記パルス位置変調された擬似ランダムデジタル信号のチップ幅の特定位置でインパルス化した超広帯域無線信号を生成する手段と、

前記インパルス化した超広帯域無線信号により、前記同期の機能を備えた測位信号パルスを送信する手段と、

を備えたことを特徴とする基地局。

10

(付記 16)

付記 1 記載の従基地局は、前記主基地局から受信した、前記同期の機能を備えた測位信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行うことを特徴とする基地局。

(付記 17)

付記 1 記載の移動端末は、前記測位信号パルスを受信した時刻を、前記主基地局と前記従基地局から送信された、クロックのずれ時間を含む所定の時間差のデータを用いて、所定の周期で補正する手段と、前記測位信号パルスを受信した時刻と、前記移動端末に保存した前記主基地局と前記従基地局の位置座標とを用いて、前記移動端末の位置座標を決定する手段と、

を備えたことを特徴とする移動端末。

20

(付記 18)

付記 1 記載の移動端末は、

前記移動端末で決定された前記移動端末の位置座標を、識別された特定の他の移動端末のユーザに、前記基地局の少なくとも 1 つを介して伝える手段と、

識別された特定の固定端末のユーザに、前記基地局に接続されたネットワークを介して伝える手段と、

を備えたことを特徴とする移動端末。

30

(付記 19)

付記 1 記載の移動端末は、前記主基地局と前記従基地局からの測位信号パルスの受信時刻の決定を、該移動端末が受信し検出した信号と、該移動端末に備えた前記主基地局と前記従基地局に固有の擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行う手段を備えたことを特徴とする移動端末。

(付記 20)

付記 1 記載の移動端末は、前記時間的に重ならない時間差のデータを用いて、前記移動端末で決定された前記移動端末の位置座標を、識別された特定の他の移動端末のユーザに、前記基地局の少なくとも 1 つを介して伝える手段と、

識別された特定の固定端末のユーザに、前記基地局に接続されたネットワークを介して伝える手段と、

を備えたことを特徴とする移動端末。

40

(付記 21)

付記 1 記載の移動端末は、前記基地局から受信した前記移動端末において時間的に重ならない時間差のデータを用いて、前記基地局から測位信号パルスを受信した時刻を、所定の周期で補正する手段を備えたことを特徴とする移動端末。

(付記 22)

付記 1 記載の移動端末は、前記基地局から前記時間差で送信された測位信号パルスの受信時刻の決定を、前記移動端末が受信し検出した信号と、前記移動端末に備えた前記各基地局に共通の擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行う手段と、

50

前記測位信号パルスの受信時刻を、前記前記基地局から受信した時間差のデータで補正する手段とを備えたことを特徴とする移動端末。

(付記 2 3)

付記 1 記載の移動端末は、前記同期信号パルスの機能を備えた測位信号パルスの受信時刻を用いて決定された前記移動端末の位置座標を、識別された特定の他の移動端末のユーザに、前記基地局の少なくとも 1 つを介して伝える手段と、

識別された特定の固定端末のユーザに、前記基地局に接続されたネットワークを介して伝える手段と、

を備えたことを特徴とする移動端末。

(付記 2 4)

付記 1 記載の移動端末は、前記同期信号パルスの機能を備えた前記測位信号パルスを受信した時刻を、前記基地局から受信した時間差のデータを用いて、所定の周期で補正する手段を備えたことを特徴とする移動端末。

(付記 2 5)

付記 1 記載の移動端末は、前記基地局から受信した同期信号パルスの機能を備えた測位信号パルスの受信時刻の決定を、該移動端末が受信し検出した信号と、該移動端末に備えた前記基地局に共通の擬似ランダムデジタル信号との相関による時間比較により行うことを特徴とする移動端末。

(付記 2 6)

少なくとも 3 つの基地局から測位信号パルスを送信して、移動端末の位置座標を決定する無線測位方法であって、

前記基地局は、1 つの主基地局と複数の従基地局を含み、

前記主基地局が、前記従基地局に同期信号パルスを送信するステップと、

前記移動端末に測位信号パルスを前記同期信号パルスの送信終了後の所定の時刻に送信するステップと、

前記従基地局が、

同期信号パルスの受信時刻の決定を、前記従基地局が備えた基準クロックを基準として、前記基準クロックで動作する粗タイマーと、前記基準クロックよりも細かい刻みで動作する精密タイマーを用いて行うステップと、

前記主基地局から送信された同期信号パルスと前記従基地局のクロックとのクロックのずれ時間を測定するステップと、

前記主基地局の同期信号パルス受信時刻から、前記クロックのずれ時間を含む時間差を加えた時刻に、測位信号パルスを前記移動端末に送信するステップと、

前記時間差のデータを前記移動端末に送信するステップと、

前記移動端末が、少なくとも 3 つの前記測位信号パルスの受信時刻を、前記基地局から受信した前記時間差のデータを用いて、所定の周期で補正するステップと、

前記主基地局と前記従基地局から前記移動端末までの、各々の前記測位信号パルスの伝播遅延時間の差を決定するステップと、

前記各々の伝播遅延時間の差と、前記主基地局と前記従基地局の位置座標を用いて、前記移動端末の位置座標を決定するステップと、
を含む無線測位方法。

(付記 2 7)

1 つの主基地局から複数の従基地局に同期信号パルスを送信して、前記従基地局が、移動端末に送信する測位信号パルスの送信時刻を決定する、無線測位のためのプログラムであって、

前記従基地局が備えたコンピュータを、

前記主基地局における前記同期信号パルスの送信終了時刻から、前記測位信号パルスの送信開始時刻までの時間 T_a と、前記主基地局から前記従基地局までの前記測位信号パルスの伝播遅延時間 T_{p_i} と、前記主基地局のクロックに対する前記従基地局のクロックのずれ時間 T_{o_i} と、前記主基地局におけるクロック周期 T_k とを入力する手段、

10

20

30

40

50

加減算、除算の整数部分の計算、および乗算により、

$$T_i = [(T_a - T_{pi} + T_{oi}) \text{div } T_k] \times T_k$$

の演算を行う手段、および

前記演算結果 T_i を、前記従基地局が、前記主基地局の前記同期信号パルスを受信した時刻から、前記測位信号パルスを送信する時刻までの時間差として出力する手段、として機能させるための無線測位のためのプログラム。

【図面の簡単な説明】

【0168】

- 【図1】GPS型TDOAの原理図を示す図である。 10
- 【図2】GPS型TDOAの通信ルート構成を示す図である。
- 【図3】本発明による通信ルートの原理的構成を示す図である。
- 【図4】本発明による通信ルート構成を示す図である。
- 【図5】基地局Aブロック図を示す図である。
- 【図6】基地局Bブロック図を示す図である。
- 【図7】送信データフォーマットを示す図である。
- 【図8】タップ付遅延回路による精密タイマーを示す図である。
- 【図9】受信時刻測定タイミングチャートを示す図である。
- 【図10】基地局のタイミング補正を示す図である。
- 【図11】各局の信号パルス列のタイミングを示す図である。 20
- 【図12】実施例1の移動端末ブロック図を示す図である。
- 【図13】測位計算方法を示す図である。
- 【図14】実施例2の信号パルス列のタイミングを示す図である。
- 【図15】実施例2の移動端末ブロック図を示す図である。
- 【図16】実施例3の信号パルス列のタイミングを示す図である。

【符号の説明】

【0169】

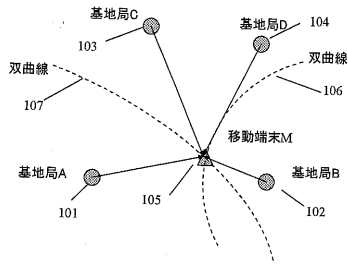
- 101 基地局A
- 102 基地局B
- 103 基地局C 30
- 104 基地局D
- 105 移動端末M
- 106 双曲線
- 107 双曲線
- 201 衛星A
- 202 衛星B
- 203 衛星C
- 204 地上制御局
- 205 地上移動端末M
- 301 基準局 40
- 302 基地局B
- 303 基地局C
- 304 基地局D
- 305 移動端末M
- 401 基地局A
- 501 MPU(マイクロプロセッサユニット)
- 502 送信データ
- 503 PPM(パルス位置変調)データ変調部
- 504 PN系列発生部
- 505 基準クロック 50

| | | |
|---------|-------------------------------------|----|
| 5 0 6 | インパルス生成部 | |
| 5 0 7 | 送信 B P F (バンドパスフィルタ) | |
| 5 0 8 | P A (電力増幅器) | |
| 5 0 9 | 送信アンテナ | |
| 6 0 1 | M P U (マイクロプロセッサユニット) | |
| 6 0 2 | 送信データ | |
| 6 0 3 | P P M (パルス位置変調) データ変調部 | |
| 6 0 4 | P N 系列発生部 | |
| 6 0 5 | 周期タイマー | |
| 6 0 6 | インパルス生成部 | 10 |
| 6 0 7 | 送信 B P F (バンドパスフィルタ) | |
| 6 0 8 | P A (電力増幅器) | |
| 6 0 9 | 送信アンテナ | |
| 6 1 0 | 基準クロック | |
| 6 1 1 | 受信アンテナ | |
| 6 1 2 | 受信 B P F (バンドパスフィルタ) | |
| 6 1 3 | L N A (低雑音増幅器) | |
| 6 1 4 | パルス検出部 | |
| 6 1 5 | 精密タイマー | |
| 6 1 6 | 相関器 | 20 |
| 6 1 7 | ラッチ | |
| 6 1 8 | P N 系列発生部 | |
| 7 1 1 | 1チップ分の位置ホッピング | |
| 7 1 2 | 1チップ分の位置ホッピング | |
| 8 0 0 | 入力信号 | |
| 8 1 1 | 第1の遅延回路 | |
| 8 1 2 | 第2の遅延回路 | |
| 8 1 3 | 第3の遅延回路 | |
| 8 1 4 | 第4の遅延回路 | |
| 8 1 9 | 第9の遅延回路 | 30 |
| 8 2 0 | D F F (D e l a y F l i p F l o p) | |
| 8 3 0 | 遅延0の出力 | |
| 8 3 1 | 遅延1の出力 | |
| 8 3 2 | 遅延2の出力 | |
| 8 3 3 | 遅延3の出力 | |
| 8 3 4 | 遅延4の出力 | |
| 8 3 9 | 遅延9の出力 | |
| 9 0 1 | エンコード値を粗タイマーでラッチする時刻 | |
| 9 0 2 | エンコード値を粗タイマーでラッチする時刻 | |
| 9 0 3 | エンコード値を粗タイマーでラッチする時刻 | 40 |
| 1 0 0 0 | 同期信号パルス P _{a s} | |
| 1 0 0 1 | 測位信号パルス P _{a r} | |
| 1 0 0 2 | 同期信号パルス P _{b s} | |
| 1 0 0 3 | 測位信号パルス P _{b r} | |
| 1 1 0 1 | 同期信号送信 | |
| 1 1 0 2 | 同期基準パルス送信時刻 t _{s a} | |
| 1 1 0 3 | 測位信号 A 送信 | |
| 1 1 0 4 | 基準パルス A 送信時刻 t _{t a} | |
| 1 1 0 5 | 基地局 A データ送信 | |
| 1 1 0 6 | 同期信号受信 | 50 |

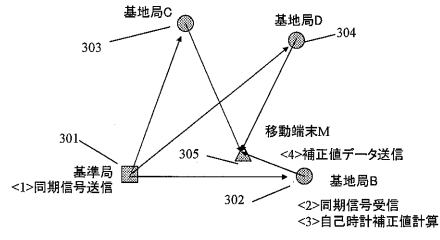
| | | |
|-----------|-------------------------|----|
| 1 1 0 7 | 同期基準パルス受信時刻 $t_{s b}$ | |
| 1 1 0 8 | 測位信号 B 送信 | |
| 1 1 0 9 | 基準パルス B 送信時刻 $t_{t b}$ | |
| 1 1 1 0 | 基地局 B データ送信 | |
| 1 1 1 1 | 同期信号受信 | |
| 1 1 1 2 | 測位信号 A 受信 | |
| 1 1 1 3 | 測位信号 B 受信 | |
| 1 1 1 4 | 基準パルス A 受信時刻 $t_{r a}$ | |
| 1 1 1 5 | 基準パルス B 受信時刻 $t_{r b}$ | |
| 1 1 1 6 | 基地局 A データ受信 | 10 |
| 1 1 1 7 | 基地局 B データ受信 | |
| 1 2 0 1 | M P U (マイクロプロセッサユニット) | |
| 1 2 0 2 a | 受信ブロック A | |
| 1 2 0 2 b | 受信ブロック B | |
| 1 2 0 2 c | 受信ブロック C | |
| 1 2 0 3 | ラッチ | |
| 1 2 0 4 | ラッチ | |
| 1 2 0 5 | P N 系列発生部 | |
| 1 2 0 6 | 受信データ | |
| 1 2 0 7 | P P M データ復調部 | 20 |
| 1 2 0 8 | 相関器 | |
| 1 2 0 9 | 基準クロック | |
| 1 2 1 0 | 粗タイマー | |
| 1 2 1 1 | 精密タイマー | |
| 1 2 1 2 | パルス検出部 | |
| 1 2 1 3 | L N A (低雑音増幅器) | |
| 1 2 1 4 | 受信 B P F (バンドパスフィルタ) | |
| 1 2 1 5 | 受信アンテナ | |
| 1 4 0 1 | 同期信号送信 | |
| 1 4 0 2 | 同期基準パルス送信時刻 $t_{s a}$ | 30 |
| 1 4 0 3 | 測位信号 A 送信 | |
| 1 4 0 4 | 基準パルス A 送信時刻 $t_{t a}$ | |
| 1 4 0 5 | 基地局 A データ送信 | |
| 1 4 0 6 | 同期信号受信 | |
| 1 4 0 7 | 同期基準パルス受信時刻 $t_{s b}$ | |
| 1 4 0 8 | 測位信号 B 送信 | |
| 1 4 0 9 | 基準パルス B 送信時刻 $t_{t b}$ | |
| 1 4 1 0 | 同期信号受信 | |
| 1 4 1 1 | 測位信号 A 受信 | |
| 1 4 1 2 | 基準パルス A 受信時刻 $t_{r a}$ | 40 |
| 1 4 1 3 | 測位信号 B 受信 | |
| 1 4 1 4 | 基準パルス B 受信時刻 $t_{r b}$ | |
| 1 4 1 5 | 基地局 A データ受信 | |
| 1 5 0 1 | M P U (マイクロプロセッサユニット) | |
| 1 5 0 2 | ラッチ | |
| 1 5 0 3 | ラッチ | |
| 1 5 0 4 | P N 系列発生部 | |
| 1 5 0 5 | 受信データ | |
| 1 5 0 6 | P P M データ復調部 | |
| 1 5 0 7 | 相関器 | 50 |

| | | |
|---------|------------------------|----|
| 1 5 0 8 | 基準クロック | |
| 1 5 0 9 | 粗タイマー | |
| 1 5 1 0 | 精密タイマー | |
| 1 5 1 1 | パルス検出部 | |
| 1 5 1 2 | L N A (低雑音増幅器) | |
| 1 5 1 3 | 受信 B P F (バンドパスフィルタ) | |
| 1 5 1 4 | 受信アンテナ | |
| 1 6 0 1 | 測位信号 A 送信 | |
| 1 6 0 2 | 基準パルス A 送信時刻 $t_{t a}$ | |
| 1 6 0 3 | 基地局 A データ送信 | 10 |
| 1 6 0 4 | 測位信号 A 受信 | |
| 1 6 0 5 | 基準パルス A 受信時刻 $t_{s b}$ | |
| 1 6 0 6 | 測位信号 B 送信 | |
| 1 6 0 7 | 基準パルス B 送信時刻 $t_{t b}$ | |
| 1 6 0 8 | 測位信号 A 受信 | |
| 1 6 0 9 | 基準パルス A 受信時刻 $t_{s c}$ | |
| 1 6 1 0 | 測位信号 C 送信 | |
| 1 6 1 1 | 基準パルス B 送信時刻 $t_{t b}$ | |
| 1 6 1 2 | 測位信号 A 受信 | |
| 1 6 1 3 | 基準パルス A 受信時刻 $t_{r a}$ | 20 |
| 1 6 1 4 | 測位信号 B 受信 | |
| 1 6 1 5 | 基準パルス B 受信時刻 $t_{r b}$ | |
| 1 6 1 6 | 測位信号 C 受信 | |
| 1 6 1 7 | 基準パルス C 受信時刻 $t_{r c}$ | |
| 1 6 1 8 | 基地局 A データ受信 | |

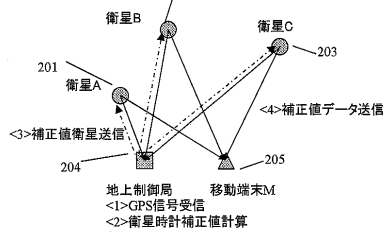
【図1】



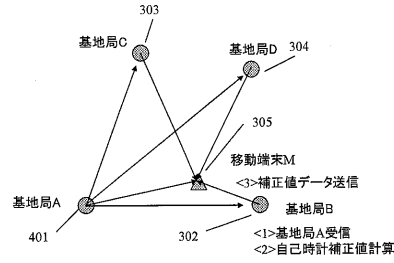
【図3】



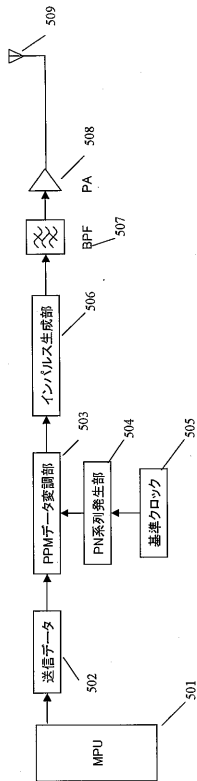
【図2】



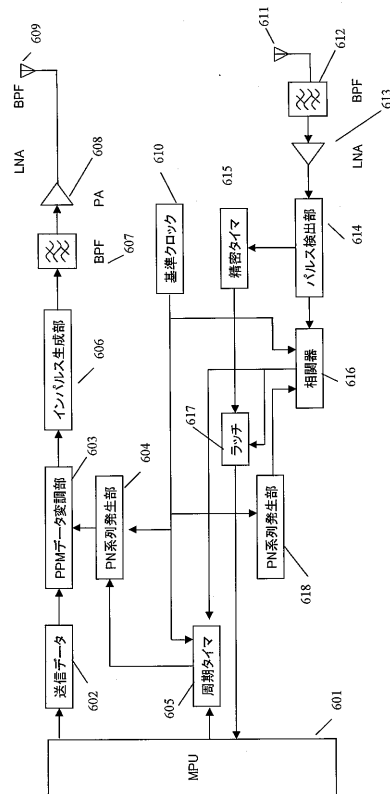
【図4】



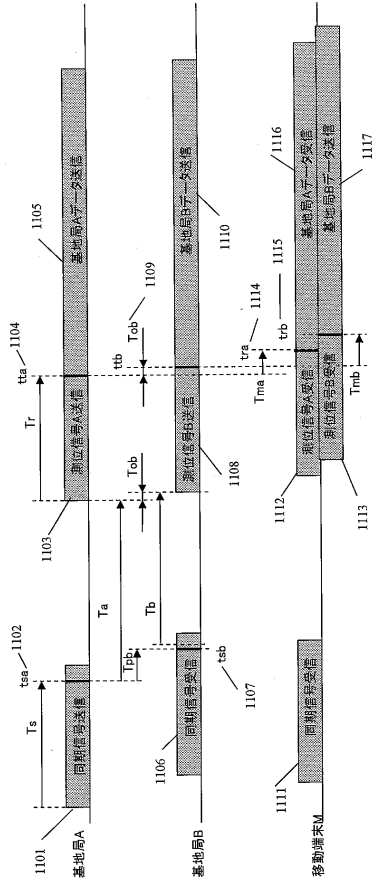
【図5】



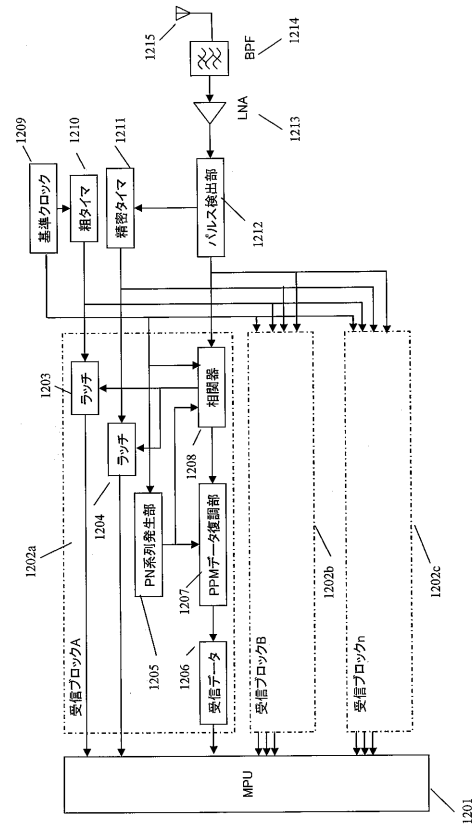
【図6】



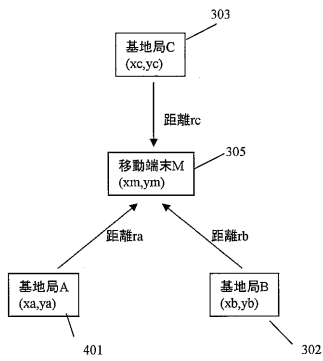
【図11】



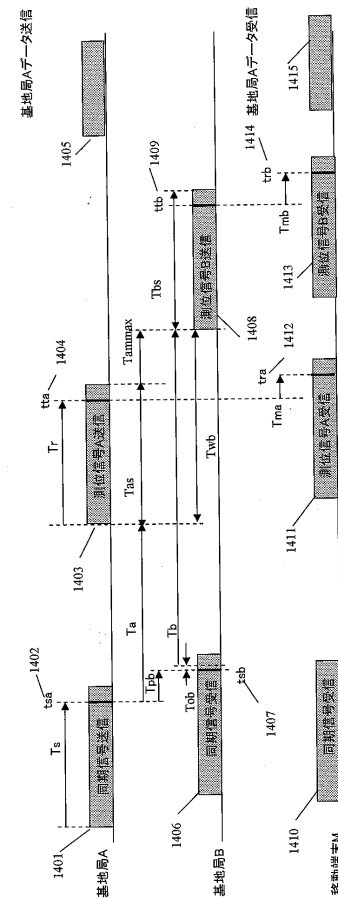
【図12】



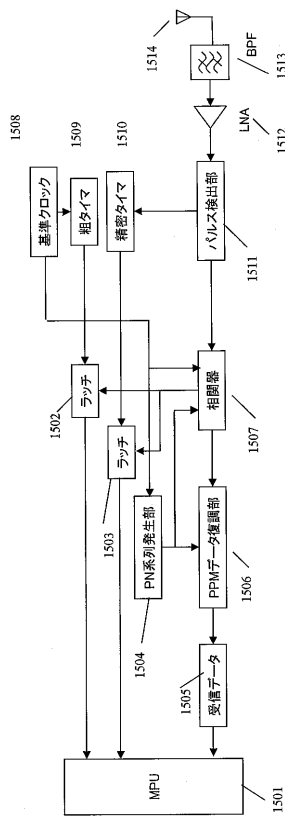
【図13】



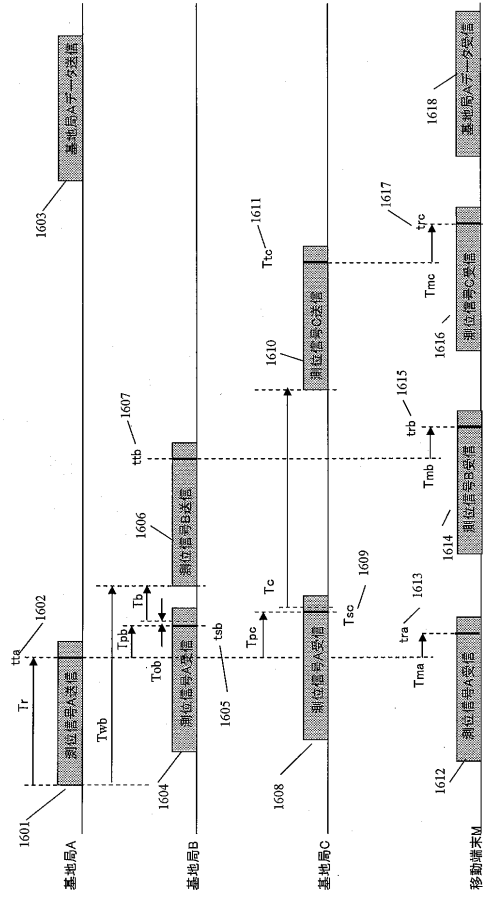
【図14】



【 図 15 】



【 図 16 】



フロントページの続き

審査官 山下 雅人

- (56)参考文献 特開2004-354121(JP,A)
特開昭52-093375(JP,A)
特開平08-211165(JP,A)
特開2003-101508(JP,A)
特開平11-271418(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 5/00 - 5/14
G01S 19/00 - 19/55
G04F 10/04