

明 細 書

発明の名称：通信システム、基地局、計測方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、通信システム、基地局、計測方法及びプログラムに関する。

本願は、2020年2月3日に日本に出願された特願2020-016553号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、屋内に設置されたビーコンなどの発信機から発信された電波を受信し、受信した電波の強度（受信電波強度）に基づいて、受信機の位置を推定する技術がある。例えば、特許文献1には、予め測定した屋内の位置と電波強度との関係から、放射規定関数を用いて屋内の電波強度分布を求めるモデルを構築し、構築したモデルを用いて受信機の位置を推定する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2019-144120号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1の技術を屋外に適用しようとした場合、改善の余地があった。例えば、屋外にはビルや車両などが障害物として存在しており、電波強度分布が時間によって変化してしまうため、精度よく電波強度分布を求めることができるモデルを構築することが困難であった。また、予め屋外の様々な位置の電波強度を測定することは、大変な手間がかかり、現実的でない。

なお、屋外ではGPS（Global Positioning System）信号による位置検出方法を採用することもできる。しかし、GPSによる位置検出は電力の消費が大きい。このため、大容量の電池を搭載できない端末の場合には、GPS

による位置検出を利用することが難しい。

- [0005] 本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、屋外の移動体から発信された電波を受信する方法を用いて、手間をかけることなく、移動体の位置を推定することができる通信システム、基地局、計測方法及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記目的を達成するために、本発明の第1の態様に係る通信システムは、端末装置、及び前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局を有し、前記端末装置の位置を推定する通信システムであって、前記基地局と前記端末装置との通信を制御する通信制御部と、基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測する計測部と、前記計測部により計測された前記信号到達時間を基に、前記端末装置の位置を推定する位置推定部と、を備える。
- [0007] 本発明の第2の態様に係る基地局は、端末装置の位置を推定する通信システムにおいて、前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局であって、前記端末装置との通信を制御する基地局通信制御部と、前記基地局から前記端末装置に送信した送信指示信号の送信時刻、及び前記基地局が前記端末装置から前記送信指示信号の応答である子信号を受信した受信時刻に基づいて、基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測する計測部と、を備える。
- [0008] 本発明の第3の態様に係る計測方法は、端末装置の位置を推定する通信システムの、前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局において、基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測する計測方法であって、基地局通信制御部が、前記端末装置との通信を制御し、計測部が、前記基地局から前記端末装置に送信した送信指示信号の送信時刻、及び前記基地局が前記端末装置から前記送信指示信号の応答である子信号を受信した受信時刻に基づいて、前記信号到達時間を計測する。

[0009] 本発明の第4の態様に係るプログラムは、端末装置の位置を推定する通信システムの、前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局において、基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測するプログラムであって、前記端末装置との通信を制御する基地局通信制御手段、前記基地局から前記端末装置に送信した送信指示信号の送信時刻、及び前記基地局が前記端末装置から前記送信指示信号の応答である子信号を受信した受信時刻に基づいて、前記信号到達時間を計測する計測手段、を実行させる。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、屋外に存在する移動体から発信された電波を受信する方法を用いて、手間をかけることなく移動体の位置を推定することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1の実施形態による位置推定システムの構成の例を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態による位置推定システムが位置を推定する処理を説明する図である。

[図3]第1の実施形態によるサーバ装置の構成の例を示すブロック図である。

[図4]第1の実施形態による基地局の構成の例を示すブロック図である。

[図5]第1の実施形態による端末タグの構成の例を示すブロック図である。

[図6]第1の実施形態による送信時刻情報の構成の例を示す図である。

[図7]第1の実施形態による受信時刻情報の構成の例を示す図である。

[図8]第1の実施形態による処理時間情報の構成の例を示す図である。

[図9]第1の実施形態による再送回数情報の構成の例を示す図である。

[図10]第1の実施形態による位置推定に用いられる信号のフォーマットの構成の例を示す図である。

[図11]第1の実施形態による位置推定システムが行う処理の流れを示すシーケンス図である。

[図12]第1の実施形態の変形例による端末タグの構成の例を示すブロック図

である。

[図13]第1の実施形態の変形例による位置推定システムが行う処理の流れを示すシーケンス図である。

[図14]第1の実施形態の変形例による位置推定システムが行う処理の流れを示すシーケンス図である。

[図15]第2の実施形態による位置推定システムの構成の例を示すブロック図である。

[図16]第2の実施形態による中継器の構成の例を示すブロック図である。

[図17]第2の実施形態による第1中継情報の構成の例を示す図である。

[図18]第2の実施形態による第2中継情報の構成の例を示す図である。

[図19]第2の実施形態による位置推定システムが行う処理の流れを示すシーケンス図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。

[0013] 第1の実施形態について説明する。

図1は、第1の実施形態による位置推定システム1の構成の例を示すブロック図である。位置推定システム1は、車両などの移動物体に搭載されて移動する端末タグ30の位置を推定するシステムである。位置推定システム1は、例えば、サーバ装置10と、複数の基地局20（基地局20-1、20-2、20-3…）と、端末タグ30とを備える。位置推定システム1は、「通信システム」の一例である。端末タグ30は、「端末装置」の一例である。

[0014] サーバ装置10と基地局20とは、双方向に通信可能に接続されている。基地局20と端末タグ30とは、双方向に通信可能に接続されている。なお、位置推定システム1は、複数のサーバ装置10を備えてもよいし、複数の端末タグ30を備えていてよい。位置推定システム1が有する基地局20は、1つのみであってもよい。また、複数の基地局20のうちの一つがサーバ装置10の機能を備えていてもよい。この場合、複数の基地局20は、一つ

のマスタ基地局と、その他の複数のスレーブ基地局とで構成される。各スレーブ基地局は、マスタ基地局と通信可能に接続されていてもよい。

[0015] 位置推定システム１は、端末タグ３０の位置を推定するシステムである。例えば、位置推定システム１は、物流管理に適用される。当該物流管理において、管理の対象となる商品に端末タグ３０が付されたり、商品を配送する車両に端末タグ３０が搭載されたりする。これにより端末タグ３０は商品と共に移動する。位置推定システム１は、移動する端末タグ３０の位置を推定することにより、配達途中の商品の位置を管理する。

[0016] 端末タグ３０は、監視対象を監視する各種のセンサと通信機能とを備えた装置である。ここでの各種のセンサは、例えば、監視対象が物流である場合、温度管理が必要な商品の温度を測定する温度センサ、商品の開封を検知する照度センサなどである。端末タグ３０が備える通信機能は、端末タグ３０と基地局２０との間において通信を行う。

[0017] 基地局２０と端末タグ３０との通信は、少なくとも双方向の通信が可能であれば任意の通信方式であってよい。例えば、通信方式として、ＬＰＷＡ（Low Power Wide Area）規格のＳｉｇｆｏｘ（登録商標）やＬｏＲａ（登録商標）、ＺＥＴＡ（登録商標）などが用いられる。ＬＰＷＡは、通信速度を抑えることにより、既存の通信網、例えばＬＴＥ（Long Term Evolution）などと比較して消費電力を少なく抑えていることを特徴とする。また、Bluetooth（登録商標）などの近距離無線通信と比較して、通信距離が大きく、例えば数十ｋｍから～１００ｋｍ程度であることを特徴とする。通信距離を長くするために、基地局２０と端末タグ３０の間に中継器が配置されてもよい。

[0018] なお、本実施形態において端末タグ３０は位置の推定のみに用いられる。このため、端末タグ３０は、少なくとも通信機能を有していればよく、センサを備えていなくともよい。また、端末タグ３０は、商品等に付されて移動するという性質上、電池などが内蔵されたいわゆるコードレスなタグであることが好ましい。また、端末タグ３０は、商品の搬送を邪魔しないような、小型、かつ薄型、かつ軽量のタグであることが好ましい。

- [0019] 基地局20と端末タグ30との双方向通信において、一方の通信方式と、他方の通信方式が同じ通信方式であってもよいし、互いに異なる通信方式であってもよい。例えば、端末タグ30から基地局20に送信する方向の通信方式を、LPWA規格を適用した通信方式とし、端末タグ30が基地局20から受信する方向の通信方式を、LPWA規格とは異なる規格の通信方式としてもよい。また、ZETAが適用される場合、通信帯域を複数の帯域に分割した超狭帯域（UNB（Ultra Narrow Band））を用いた多チャンネル通信が行われる。このような場合、通信に用いるチャンネルの帯域は、毎回同じ帯域に固定されていてもよいし、毎回固定することなく、変化するように運用されてもよい。
- [0020] 基地局20は、端末タグ30と通信を行い、例えば、端末タグ30のセンサにより測定された温度や照度などのセンサ情報を集約してもよい。
- [0021] 本実施形態の基地局20は、端末タグ30と通信を行い、通信に用いた信号の信号到達時間を計測する。信号到達時間は、基地局20から送信された信号が端末タグ30に到達するまでの時間である。基地局20は、サーバ装置10と通信を行い、計測した信号到達時間を、サーバ装置10に通知する。基地局20が、信号到達時間を計測する方法については、後で詳しく説明する。
- [0022] サーバ装置10は、基地局20と通信を行う。サーバ装置10は、基地局20のそれぞれにより計測された信号到達時間により、端末タグ30の位置を推定する。端末タグ30の位置は、信号到達時間に三角測量の原理を適用することで推定される（図2参照）。
- サーバ装置10は、推定した端末タグ30の位置を、図示しない位置検索アプリサーバ等の外部装置に通知する。この場合、サーバ装置10は、インターネットなどの通信ネットワークを介して、位置検索アプリサーバと接続する。位置検索アプリサーバは、配送中の商品の位置を検索するサービスを提供するアプリケーションである。位置検索アプリサーバは、例えば、当該アプリケーションがインストールされたユーザ端末から、商品の位置を検索

する旨の要求を受け付ける。位置検索アプリサーバは、ユーザ端末からの要求に基づいて、検索対象の商品に付された端末タグ30の位置を位置推定システム1に推定させる。位置検索アプリサーバは、位置推定システム1が推定した位置を、検索結果としてユーザ端末も通知する。

[0023] 図2を用いて、サーバ装置10が端末タグ30の位置を推定する方法について説明する。図2は、第1の実施形態による位置推定システム1が位置を推定する処理を説明する図である。サーバ装置10（図2では不図示）は、例えば、基地局20のそれぞれに、ほぼ同じ時刻に同一の端末タグ30と通信させ、それぞれの信号到達時間を計測させる。サーバ装置10は、基地局20それぞれの信号到達時間に基づき、端末タグ30の位置の候補を抽出する。

[0024] 例えば、サーバ装置10は、基地局20それぞれの信号到達時間に基づき、信号の速度（光速）との関係から信号到達距離を算出する。信号到達距離は、基地局20から送信された信号が端末タグ30に到達するまでに伝達される距離であり、基地局20から端末タグ30までの距離と同義である。サーバ装置10は、基地局20それぞれを中心として、それぞれの信号到達距離を半径とする円周上の位置を、端末タグ30の位置の候補とする。

[0025] 図2の例では、基地局20-1によって計測された信号到達時間は0.2秒であり、円周R1上の位置が、端末タグ30の位置の候補である。基地局20-2によって計測された信号到達時間は0.1秒であり、円周R2上の位置が、端末タグ30の位置の候補である。基地局20-3によって計測された信号到達時間は0.5秒であり、円周R3上の位置が、端末タグ30の位置の候補である。

サーバ装置10は、複数の基地局20により計測された信号到達距離に基づいて抽出した端末タグ30の位置の候補が、交差する位置を、端末タグ30の位置と推定する。この例では、円周R1～R3が交差する点が、推定される端末タグ30の位置である。

[0026] 上記では、サーバ装置10が3つの基地局20それぞれにより計測された

信号到達時間に基づいて、端末タグ30の位置を推定する場合を例に説明した。しかしながら、これに限定されない。

サーバ装置10は、4つ以上の基地局20それぞれにより計測された信号到達時間に基づいて、端末タグ30の位置を推定してもよい。サーバ装置10は、1つまたは2つの信号到達時間に基づいて、端末タグ30の位置を推定してもよい。この場合、例えば、サーバ装置10は、基地局20が計測した信号到達距離に基づいて抽出した端末タグ30の位置の候補と、その候補となった位置の周辺の道路地図とを重ね合わせる。サーバ装置10は、信号到達距離に基づいて抽出した端末タグ30の位置の候補と、端末タグ30が搭載された車両などの走行ルートと、が交差する点を端末タグ30の位置と推定する。

[0027] 1つの信号到達時間に基づいて、端末タグ30の位置を推定する場合、サーバ装置10を省略することも可能である。この場合、サーバ装置10が備える後述の位置推定部13の機能は、基地局20が備えていてもよい。

[0028] なお、位置推定システム1では、基地局20のそれぞれの装置内で用いられる時刻が、互いに同期（時刻同期）していることを前提とする。以下では、サーバ装置10が、基地局20のそれぞれに時刻を同期させるための信号（時刻情報）を通知して、基地局20を時刻同期させる場合を例に説明する。しかしながら、これに限定されることはなく、任意の方法を用いて、基地局20を互いに時刻同期させればよい。例えば、基地局20のそれぞれにGPS（Global Positioning System）信号を受信させたり、電波時計の電波を受信させたりすることにより時刻同期を行うようにしてもよい。

[0029] また、基地局20における、時刻の計測精度は、推定する端末タグ30の位置の精度や、基地局20の処理能力等に応じて任意に決定されてよい。

例えば、位置をKm（キロメートル）オーダーで推定したい場合には、ミリ秒オーダーで時刻を計測可能に設計する。あるいは、位置をm（メートル）オーダーで推定したい場合には、ナノ秒オーダーで時刻を計測可能に設計する。基地局20の処理能力により、ナノ秒オーダーで時刻を計測させるこ

とが困難である場合には、許容される範囲内で、推定する位置の精度を落とし、基地局20が可能な処理可能なオーダー（例えば、100ナノ秒オーダー）で時刻を計測させるようにする。

[0030] 図3は、第1の実施形態によるサーバ装置10の構成の例を示すブロック図である。サーバ装置10は、例えば、通信部11と、信号到達時間取得部12と、位置推定部13と、GPS情報取得部14と、時刻同期部15と、制御部17と、記憶部18とを備える。

[0031] 通信部11は、基地局20のそれぞれと通信を行い、信号到達時間を示す情報を受信する。

信号到達時間取得部12は、基地局20のそれぞれにより計測された信号到達時間を示す情報を、通信部11を介して取得する。

位置推定部13は、信号到達時間取得部12により取得された信号到達時間に基づき、端末タグ30の位置を推定する。

GPS情報取得部14は、例えば、GPS受信モジュールであり、GPSにより送信された時刻の情報（以下、GPS時刻情報）を取得する。

[0032] 時刻同期部15は、GPS情報取得部14により取得されたGPS時刻情報を用いて、サーバ装置10の装置内の時刻を、GPS時刻情報に同期させる。また、時刻同期部15は、GPS情報取得部14により取得されたGPS時刻情報を用いて、時刻情報を生成する。時刻情報は、基地局20のそれぞれを時刻同期させるための情報である。時刻同期部15は、生成した時刻情報を、通信部11を介して基地局20のそれぞれに通知する。

[0033] 制御部17は、サーバ装置10を統括的に制御する。例えば制御部17は、通信部11によって受信された信号到達時間を、信号到達時間取得部12に出力させる。

信号到達時間取得部12、位置推定部13、GPS情報取得部14、時刻同期部15、及び制御部17が行う処理は、例えば、サーバ装置10がハードウェアとして備えるCPU（Central Processing Unit）にプログラムを実行させることによって実現される。

- [0034] 記憶部 18 は、記憶媒体、例えば、HDD (Hard Disk Drive)、フラッシュメモリ、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)、RAM (Random Access read/write Memory)、ROM (Read Only Memory)、またはこれらの記憶媒体の任意の組み合わせによって構成される。記憶部 18 は、サーバ装置 10 の各種処理を実行するためのプログラム、及び各種処理を行う際に利用される一時的なデータを記憶する。
- [0035] 図 4 は、第 1 の実施形態による基地局 20 の構成の例を示すブロック図である。基地局 20 は、例えば、通信部 21 と、基地局通信制御部 22 と、記憶制御部 23 と、信号到達時間算出部 24 と、時刻情報取得部 25 と、時刻同期部 26 と、制御部 27 と、を備える。基地局 20 は、記憶部 28 をさらに備えていてもよい。信号到達時間算出部 24 は、「計測部」の一例である。
- [0036] 通信部 21 は、サーバ装置 10、及び端末タグ 30 と通信を行う。通信部 21 は、サーバ装置 10 から時刻情報を受信する。通信部 21 は、端末タグ 30 から通知された信号を受信する。また、通信部 21 は、サーバ装置 10 へ端末タグ 30 から通知された信号を送信する。
- [0037] 基地局通信制御部 22 は、基地局 20 と端末タグ 30 との通信を制御する。基地局通信制御部 22 は、予め定められた時刻に端末タグ 30 に送信指示信号を通知するように制御する。送信指示信号は、端末タグ 30 に信号を送信する旨を指示する信号である。予め定められた時刻は、例えば、サーバ装置 10 から指示された時刻である。この場合、サーバ装置 10 は、基地局 20 のそれぞれを時刻同期させると共に、同一の時刻に同一の端末タグ 30 に送信指示信号を通知するように指示する。これにより、端末タグ 30 が移動中であっても、基地局 20 のそれぞれが、ほぼ同じ位置にいる端末タグ 30 から子信号（送信指示信号に対する応答）を受信することができる。したがって、ほぼ同じ位置にいる端末タグ 30 と、基地局 20 のそれぞれとの信号到達時間を計測でき、端末タグ 30 の位置を特定することが可能となる。
- [0038] 記憶制御部 23 は、信号到達時間を計測するための情報を記憶部 28 に記

憶させる。信号到達時間を計測するための情報とは、送信時刻、受信時刻である。送信時刻は、基地局20が端末タグ30へ送信指示信号を送信した時刻である。受信時刻は、端末タグ30から子信号（送信時刻に送信した送信指示信号に対する応答）を受信した時刻である。

記憶制御部23は、通信部21によって送信指示信号が送信されると、その時刻を送信時刻とし、記憶部28の送信時刻情報280に記憶させる。送信時刻情報280は、送信指示信号の識別情報と送信時刻とが対応付けられた情報である。記憶制御部23は、端末タグ30から子信号（送信時刻に送信した送信指示信号に対する応答）を受信すると、その時刻を受信時刻とし、記憶部28の受信時刻情報281に記憶させる。受信時刻情報281は、子信号の識別情報と受信時刻とが対応づけられた情報である。

なお、基地局20の基地局通信制御部22や記憶制御部23は、端末タグ30と基地局20との通信を制御するように構成されており、それぞれ「通信制御部」の一例とも言える。

[0039] 信号到達時間算出部24は、信号到達時間を算出する。信号到達時間算出部24は、送信時刻情報280、受信時刻情報281、及び処理時間情報282を用いて、信号到達時間を算出する。処理時間情報282は、端末タグ30において行われる信号処理とその処理に要する時間とを対応付けた情報である。信号到達時間算出部24は、送信時刻情報280から特定の送信指示信号の送信時刻を抽出する。信号到達時間算出部24は、送信時刻情報280から抽出した送信指示信号の応答に対応する子信号の受信時刻を抽出する。信号到達時間算出部24は、抽出した送信時刻と受信時刻との差分を算出し、算出した差分の時間を信号往復処理時間とする。

[0040] 信号往復処理時間には、信号の往復に要した時間に加え、様々な信号処理に要した時間が含まれている。

信号の往復に要した時間は、送信指示信号が基地局20から端末タグ30まで到達するのに要した時間と、子信号が端末タグ30から基地局20まで到達するのに要した時間の和である。この信号の往復に要した時間の1/2

が信号到達時間に相当する。

様々な信号処理に要した時間とは、送信指示信号を復調する処理、復調した結果に基づいて応答を行うと判断する処理、応答信号を生成する処理、生成した信号を変調する処理などに要した時間の総和である。本実施形態では、このような、端末タグ30における様々な信号処理に要する時間を、信号処理に対応づけて処理時間情報282として予め記憶部28に記憶させておく。

[0041] 信号到達時間算出部24は、信号往復処理時間から、このような信号処理に要した時間を差し引くことにより、信号の往復に要した時間を算出する。信号到達時間算出部24は、信号の往復に要した時間に $1/2$ を乗算することにより信号到達時間を算出する。

[0042] 時刻情報取得部25は、サーバ装置10から通知された時刻情報を、通信部21を介して取得する。時刻情報は、基地局20のそれぞれを時刻同期させるための信号である。時刻情報取得部25は、取得した時刻情報を時刻同期部26に出力する。時刻同期部26は、時刻情報に基づいて、基地局20の内部で動作させるタイマの時刻を調整し、時刻情報に示される時刻に同期させる。

[0043] 制御部27は、基地局20を統括的に制御する。制御部27は、通信部21によって受信された時刻情報を時刻情報取得部25に出力する。制御部27は通信部21によって受信された子信号にセンサ情報が含まれている場合には、センサ情報を抽出して記憶部28に記憶させる。

[0044] 基地局通信制御部22、記憶制御部23、信号到達時間算出部24、時刻情報取得部25、時刻同期部26、制御部27のそれぞれの処理は、基地局20がハードウェアとして備えるCPUにプログラムを実行させることによって実現される。

[0045] 記憶部28は、記憶媒体、例えば、HDD、フラッシュメモリ、EEPROM、RAM、ROM、またはこれらの記憶媒体の任意の組み合わせによって構成される。記憶部28は、基地局20の各種処理を実行するためのプロ

グラム、及び各種処理を行う際に利用される一時的なデータを記憶する。記憶部 28 は、送信時刻情報 280、受信時刻情報 281、及び処理時間情報 282 を記憶する。また、記憶部 28 は、子信号にセンサ情報が含まれている場合には、当該センサ情報を記憶する。

[0046] 図 5 は、第 1 の実施形態による端末タグ 30 の構成の例を示すブロック図である。端末タグ 30 は、例えば、センサ部 300 と、通信モジュール 310 とを備える。センサ部 300 は、各種のセンサであり、例えば温度センサや照度センサなどである。なお、端末タグ 30 による位置推定のみが実行される場合、端末タグ 30 は、センサ部 300 を備えなくてもよい。通信モジュール 310 は、通信部 31 と、端末通信制御部 32 と、センサ情報取得部 33 と、送信信号生成部 34 と、制御部 37 と、記憶部 38 とを備える。

[0047] 通信部 31 は、基地局 20 と通信を行う。通信部 31 は、子信号を基地局 20 に送信する。通信部 31 は基地局 20 からの送信指示信号を受信する。

端末通信制御部 32 は、端末タグ 30 と基地局 20 との通信を制御する。端末通信制御部 32 は、子信号を、基地局 20 に送信するように制御する。子信号は、基地局 20 から通知された送信指示信号に対する応答を示す信号である。なお、端末タグ 30 の端末通信制御部 32 は、端末タグ 30 と基地局 20 との通信を制御するように構成されており、「通信制御部」の一例とも言える。

[0048] 端末通信制御部 32 は、基地局 20 に送信した信号の送信が成功したか否かを判定する。端末通信制御部 32 は、基地局 20 に送信した信号に対する ACK (Answer Back) が、通知先の基地局 20 から返ってきた (受信された) 場合に、送信が成功したと判定する。端末通信制御部 32 は、一定期間内に、基地局 20 に送信した信号に対する ACK が、通知先の基地局 20 から返ってこない場合に、送信が失敗したと判定する。

[0049] 端末通信制御部 32 は、送信が失敗した場合、失敗した信号を、通知元の基地局 20 に再送するように制御する。端末通信制御部 32 は、信号を再送した場合、その信号を再送した回数 (再送回数) を、記憶部 38 の再送回数

情報 380 として記憶させる。再送回数情報 380 は、再送回数と、再送した信号の識別情報とが対応づけられた情報である。

[0050] センサ情報取得部 33 は、例えば、センサ部 300 と接続する I/O (Input Output) ポートであり、I/O ポートを介してセンサ部 300 と接続されることにより、センサ部 300 によって計測された情報 (センサ情報) を取得する。センサ情報取得部 33 は、取得したセンサ情報を記憶部 38 に記憶させる。

[0051] 送信信号生成部 34 は、基地局 20 に送信する信号を生成する。基地局に送信する信号は、例えば、送信指示信号に対する応答である子信号、及びセンサ情報を通知する信号などである。送信信号生成部 34 は、子信号を生成する場合、信号到達時間を算出するために必要な情報を含めて子信号を生成する。信号到達時間を算出するために必要な情報とは、例えば、子信号が送信指示信号の応答である旨を示す信号種別情報、対応している送信指示信号の識別情報、再送回数情報 380 などである。

[0052] 送信信号生成部 34 は、記憶部 38 に記憶されたセンサ情報を含めることにより、センサ情報を通知する信号を生成する。送信信号生成部 34 は、センサ情報が取得される度にセンサ情報を通知する信号を生成するようにしてもよいし、一定期間に取得されたセンサ情報をまとめて通知する一つの信号 (センサ情報を通知する信号) を生成するようにしてもよい。

[0053] 送信信号生成部 34 は、センサ情報を含めて子信号を生成してもよいし、センサ情報を含めずに子信号を生成してもよい。センサ情報を含めて子信号を生成することにより、送信指示に対する応答とセンサ情報とをまとめて通知することができ、効率的な通信を行うことが可能となる。センサ情報を含めずに子信号を生成することにより、一回あたりの通信に用いられるデータの容量を抑えて通信量を低減することができる。

[0054] 制御部 37 は、端末タグ 30 を統括的に制御する。制御部 37 は、送信信号生成部 34 によって生成された信号を、通信部 31 に出力する。

端末通信制御部 32、センサ情報取得部 33、送信信号生成部 34、及び

制御部 37 が行う処理は、端末タグ 30 がハードウェアとして備える CPU にプログラムを実行させることによって実現される。

[0055] 記憶部 38 は、記憶媒体、例えば、HDD、フラッシュメモリ、EEPROM、RAM、ROM、またはこれらの記憶媒体の任意の組み合わせによって構成される。記憶部 38 は、端末タグ 30 の各種処理を実行するためのプログラム、及び各種処理を行う際に利用される一時的なデータを記憶する。記憶部 38 は、再送回数情報 380 を記憶する。記憶部 38 は、センサ情報などを記憶してもよい。

[0056] 図 6 は、第 1 の実施形態による送信時刻情報 280 の構成の例を示す図である。送信時刻情報 280 は、信号 ID、通信先端末 ID、信号種別、送信日、送信時刻などの項目を備える。

信号 ID は、基地局 20 が送信した信号を一意に識別する識別情報である。通信先端末 ID は、信号 ID にて特定される信号の通知先となった装置の識別情報である。信号種別は信号 ID にて特定される信号の種別である。送信日は信号 ID にて特定される信号が送信された日付である。送信時刻は、信号 ID にて特定される信号が送信された時刻である。この例では、信号 ID (T x 0 0 0 1) で特定される信号は、通知先が端末タグ 30 であること、信号種別が送信指示信号であること、送信日が y y 年 m m 月 d d 日であることが示されている。

[0057] 図 7 は、第 1 の実施形態による受信時刻情報 281 の構成の例を示す図である。受信時刻情報 281 は、信号 ID、送信元端末 ID、信号種別、受信日、受信時刻、応答元信号 ID、再送回数などの項目を備える。

信号 ID は基地局 20 が受信した信号を一意に識別する識別情報である。送信元端末 ID は、信号 ID にて特定される信号の通知元となった装置の識別情報である。信号種別は信号 ID にて特定される信号の種別である。受信日は信号 ID にて特定される信号が受信された日付である。受信時刻は、信号 ID にて特定される信号が受信された時刻である。応答元信号 ID は、信号 ID にて特定される信号が応答信号である場合にその応答の元となった信

号の識別情報である。再送回数は、信号 I D にて特定される信号が再送された回数である。

この例では、信号 I D (R x 0 0 0 1) で特定される信号は、通知元が端末タグ 3 0 であること、信号種別が子信号であること、受信日が y y 年 m m 月 d d 日であること、信号 I D (T x 0 0 0 1) で特定される送信指示信号の応答であること、再送回数が 0 (ゼロ) 回であることが示されている。

[0058] 図 8 は、第 1 の実施形態による処理時間情報 2 8 2 の構成の例を示す図である。処理時間情報 2 8 2 は、処理 I D、処理端末 I D、処理種別、信号処理時間、内訳などの項目を備える。

処理 I D は、処理を一意に識別する識別情報である。処理端末 I D は、処理 I D で特定される処理を行う装置を識別する識別情報である。処理種別は、処理 I D で特定される処理の種別である。内訳は、処理 I D で特定される処理の内訳であって、例えば、処理項目と処理時間などの項目を備える。処理項目は応答するために行われる処理のそれぞれの項目である。処理時間は処理項目に示された処理に要する時間である。

この例では、端末タグ 3 0 が、センサ情報なしの子信号による応答を行う場合における、復調処理や変調処理に要する時間が示されている。また、端末タグ 3 0 が、センサ情報ありの子信号による応答を行う場合における、センサ情報を取得する処理に要する時間が示されている。また、端末タグ 3 0 が、子信号を再送する場合における、再送するか否かを判定する処理に要する時間が示されている。

[0059] 図 9 は、第 1 の実施形態による再送回数情報 3 8 0 の構成の例を示す図である。再送回数情報 3 8 0 は、信号 I D、通信先装置 I D、信号種別、再送回数などの項目を備える。

信号 I D は、端末タグ 3 0 が送信した信号を一意に識別する識別情報である。通信先装置 I D は、信号 I D で特定される信号の送信先となった装置の識別情報である。信号種別は、信号 I D で特定される信号の種別である。再送回数は、信号 I D で特定される信号が送信先の装置に再送された回数であ

る。

この例では、信号 I D (T × 1 0 0 1) で特定される子信号が基地局 2 0 - 1 に再送回数 0 (ゼロ) 回送信されたことが示されている。信号 I D (T × 1 0 0 2) で特定される子信号が基地局 2 0 - 2 に再送回数 2 回送信されたことが示されている。

[0060] 図 1 0 は、第 1 の実施形態による位置推定システム 1 の通信に用いられる信号 S G のフォーマットの構成の例を示す図である。信号 S G は、例えば、送信指示信号、センサ情報なしの子信号、センサ情報ありの子信号、センサ情報を通知する信号などである。

信号 S G は、例えば、ヘッダ H D、データ部 D A、フッタ F T により構成される。

ヘッダ H D は、信号 S G の先頭に付される情報であって、例えば、通知元 I D、通知先 I D、信号種別などで構成される。通知元 I D は通知元となる装置の識別情報である。通知先 I D は通知先となる装置の識別情報である。

データ部 D A は、通知する内容を示す情報であって、図 1 0 の例では、通知内容 1 から通知内容 K までのように、所定のデータ長ごとにブロック化された情報を結合させた情報である。

フッタ F T は、信号の末尾に付される情報であり、例えば、誤り検出用の巡回冗長符号 (C R C (Cyclic Redundancy Code)) である。

[0061] 例えば、信号 S G が送信指示信号である場合には、ヘッダ H D に、通知元が基地局 2 0、通知先が端末タグ 3 0、信号種別が送信指示信号である旨の情報がそれぞれ示される。データ部 D A には子信号を応答として返す旨を示す内容や、子信号にセンサ情報を含めるか否か等を示す情報が示される。フッタ F T には、例えば、データ部 D A のビット列から生成された C R C ビットが示される。

[0062] 例えば、信号 S G が子信号である場合には、ヘッダ H D に、通知元が端末タグ 3 0、通知先が基地局 2 0、信号種別が子信号である旨の情報がそれぞれ示される。データ部 D A には、例えば、通知内容 1 のブロックに、いずれ

の送信指示の応答としての子信号であるかを示す内容や、センサ情報が含まれているか否か等を示す情報が示される。センサ情報が含まれる場合には、通知内容 1 よりも後のブロックに、センサ情報が示される。フッタ F T には、例えば、データ部 D A のビット列から生成された C R C ビットが示される。

[0063] センサ情報が含まれない場合、データ部 D A は通知内容 1 のブロックのみで構成される。センサ情報が含まれる場合にはデータ部 D A は通知内容 1 よりも後にブロックが連結される。すなわち、センサ情報が含まれない場合と含まれる場合とでは、信号全体の情報量が異なり、センサ情報が含まれない場合の方が、センサ情報が含まれない場合と比較して、情報量を抑えることができる。

[0064] 図 1 1 は、第 1 の実施形態による位置推定システム 1 が行う処理の流れを示すシーケンス図である。ここでは位置推定システム 1 が行う処理として、時刻同期を行う処理（符号 S 1 0 0）と、位置の推定を行う処理（符号 S 2 0 0）について、それぞれの処理の流れを説明する。それぞれの処理は、それぞれのタイミングで行われてもよいし、連動して行われてもよい。

[0065] まず、時刻同期を行う処理（符号 S 1 0 0）について説明する。

サーバ装置 1 0 は、G P S 情報を受信する（ステップ S 1 0）。サーバ装置 1 0 は、例えば、G P S 衛星から発信される信号を G P S 情報として受信する。G P S 情報は、時刻を同期することが可能な信号であればよい。G P S 情報は、電波時計から発信される時刻を示す信号でもよいし、水晶発振器などから出力される定期的なタイミングを示す信号であってもよい。サーバ装置 1 0 は、受信した G P S 信号に基づく時刻情報を生成し、生成した時刻情報を基地局 2 0 に通知する。

基地局 2 0 は、サーバ装置 1 0 から受信した時刻情報に基づいて、基地局 2 0 内部で用いる時刻を調整し、時刻同期を行う（ステップ S 1 1）。

[0066] 次に、位置を推定する処理（符号 S 2 0 0）について説明する。

基地局 2 0 は、予め定められた所定の時刻に、端末タグ 3 0 に送信指示信

号を通知する（ステップS20）。基地局20は、送信指示信号を送信した送信時刻を記憶する（ステップS21）。

端末タグ30は、基地局20から送信指示信号を受信すると、その応答として、子信号を生成する（ステップS22）。端末タグ30は、生成した子信号を基地局20に送信する（ステップS23）。

基地局20は、端末タグ30から子信号を受信すると、その子信号を受信した受信時刻を記憶する（ステップS24）。基地局20は、ステップS21で記憶した送信時刻、及びステップS24で記憶した受信時刻を用いて、信号到達時間を算出する（ステップS25）。

基地局20は、算出した信号到達時間をサーバ装置10に通知する。サーバ装置10は、基地局20から受信した信号到達時間を用いて端末タグ30の位置を推定する（ステップS26）。

[0067] 以上説明した通り、第1の実施形態の位置推定システム1（「通信システム」の一例）は、端末タグ30（「端末装置」の一例）と基地局20とを有するシステムである。位置推定システム1は、端末通信制御部32（「通信制御部」の一例）、及び基地局通信制御部22（「通信制御部」の一例）と、信号到達時間算出部24（「計測部」の一例）と、位置推定部13とを備える。端末通信制御部32及び基地局通信制御部22は、基地局20と端末タグ30との通信を制御する。信号到達時間算出部24は、基地局20から送信した信号が端末タグ30に受信されるまでに要した信号到達時間を計測する。位置推定部13は、信号到達時間算出部24により計測された信号到達時間を基に、端末タグ30の位置を推定する。

これにより、第1の実施形態の位置推定システム1は、基地局20から送信した信号を屋外の移動体（端末タグ30）が受信する方法を用いて、信号の速度と信号到達時間との関係から信号到達距離を算出することで、端末タグ30の位置を推定することができる。したがって、予め空間の受信電波強度を測定する手間をかけることなく、移動体の位置を精度よく推定することができる。

[0068] また、第1の実施形態の位置推定システム1では、通信制御部は、基地局通信制御部22、端末通信制御部32、および記憶制御部23を有してもよい。基地局通信制御部22は、基地局20から端末タグ30に送信指示信号を送信させる。端末通信制御部32は、送信指示信号を受信した端末タグ30から、送信指示信号の応答である子信号を基地局20に送信させる。記憶制御部23は、基地局20から端末タグ30に送信指示信号を送信させた送信時刻、及び端末タグ30からの子信号が基地局20によって受信された受信時刻を記憶部28に記憶させる。

信号到達時間算出部24（「計測部」の一例）は、記憶部28に記憶された送信時刻、及び受信時刻を用いて、信号到達時間を算出してもよい。

これにより、第1の実施形態の位置推定システム1は、基地局20が信号を送信し、当該送信した信号への応答を基地局20が受信するまでの時間に基づいて、信号到達時間を算出することができる。このように、端末タグ30が受信時刻を計測することなく、基地局20のみで信号到達時間を算出可能である。したがって、端末タグ30に高精度な時刻同期を行う必要がない。

[0069] また、第1の実施形態の位置推定システム1では、子信号（「端末タグ30から基地局20へ送信する信号」の一例）は、センサ情報を含まない子信号（「小データ」の一例）、又はセンサ情報（「端末装置により測定された任意の測定情報」）を含む子信号のいずれかとしてもよい。

これにより、第1の実施形態の位置推定システム1では、システムの用途に応じて、データの伝送効率を重視することも可能であるし、一回あたりのデータ容量を抑えて通信負荷を抑制することも可能となる。

[0070] また、第1の実施形態の位置推定システム1では、位置推定部13は、少なくとも3つ以上の基地局20それぞれの信号到達時間を基に、端末タグ30の位置を推定してもよい。

これにより、第1の実施形態の位置推定システム1では、三角測量の原理を用いて端末タグ30の位置を精度よく推定することができる。

[0071] また、第１の実施形態の位置推定システム１は、子信号（「端末タグ３０から基地局２０へ送信する信号」の一例）の送信が失敗したか否かを判定し、子信号の送信が失敗した場合に当該子信号を再送し、再送回数を示す再送回数情報３８０を記憶させる端末通信制御部３２（通信制御部）を備え、再送する子信号には再送回数を示す情報が含まれていてもよい。

これにより、第１の実施形態の位置推定システム１では、子信号が再送された場合であっても、再送する処理に要した時間を考慮して、信号到達時間を算出することが可能である。

[0072] （第１の実施形態の変形例１）

第１の実施形態の変形例１について説明する。本変形例では、基地局２０と端末タグ３０とが時刻同期する点において、上述した第１の実施形態と相違する。本変形例において、基地局２０は、端末タグ３０に時刻情報を通知する。時刻情報は、第１の実施形態においてサーバ装置１０が基地局２０に通知する時刻情報と同様の内容である。端末タグ３０は、基地局２０から受信した時刻情報に基づいて、端末タグ３０の装置内における処理に用いる時刻を、時刻情報に示される時刻に同期させる。

[0073] 図１２は、第１の実施形態の変形例１による端末タグ３０の構成の例を示すブロック図である。本変形例の端末タグ３０は、例えば、時刻情報取得部３５と、時刻同期部３６とを備える。時刻情報取得部３５は、基地局２０から通知された時刻情報を、通信部３１を介して取得する。時刻情報取得部３５、及び時刻同期部３６の機能は、時刻情報取得部２５及び時刻同期部２６と同様であるため、その説明を省略する。

[0074] 図１３は、第１の実施形態の変形例１による位置推定システム１が行う処理の流れを示すシーケンス図である。ここでは位置推定システム１が行う処理として、時刻同期を行う処理（符号Ｓ１００＃）と、位置の推定を行う処理（符号Ｓ３００）について、それぞれの処理の流れを説明する。それぞれの処理は、それぞれのタイミングで行われてもよいし、連動して行われてもよい。

[0075] まず、時刻同期を行う処理（符号S 1 0 0 #）について説明する。

ステップS 1 0、S 1 1に示す処理は、図1 1のステップS 1 0、S 1 1に示す処理と同様であるためその説明を省略する。基地局2 0は、サーバ装置1 0から受信したGPS情報に基づき時刻情報を生成し、生成した時刻情報を端末タグ3 0に通知する。端末タグ3 0は、基地局2 0から受信した時刻情報に基づいて、端末タグ3 0内部で用いる時刻を調整し、時刻同期を行う（ステップS 1 2）。

[0076] 次に、位置を推定する処理（符号S 3 0 0）について説明する。

基地局2 0は、端末タグ3 0に、端末タグ3 0が子信号を送信する送信予定時刻を指示する（ステップS 3 0）。

端末タグ3 0は、任意のタイミングで子信号を生成する（ステップS 3 2）。端末タグ3 0は、生成した子信号を、指示された時刻に基地局2 0に送信する（ステップS 3 3）。

基地局2 0は、端末タグ3 0から子信号を受信すると、その子信号を受信した受信時刻を記憶する（ステップS 3 4）。基地局2 0は、ステップS 3 0で指示した送信予定時刻、及びステップS 3 4で記憶した受信時刻を用いて、信号到達時間を算出する（ステップS 3 5）。

ステップS 3 6に示される処理は、図1 1のステップS 2 6と同様である。

[0077] 図1 4は、第1の実施形態の変形例による位置推定システム1が行う処理の流れを示すシーケンス図である。ここでは位置推定システム1が行う処理として、位置の推定を行う処理（符号S 4 0 0）について、処理の流れを説明する。時刻同期を行う処理（符号S 1 0 0 #）は図1 3に示される処理（符号S 1 0 0 #）と同様であるため、その説明を省略する。それぞれの処理は、それぞれのタイミングで行われてもよいし、連動して行われてもよい。

[0078] 基地局2 0は、端末タグ3 0に、送信指示信号を通知する（ステップS 4 0）。

端末タグ3 0は、送信指示信号に対する応答としての子信号を生成する（

ステップS 4 2)。ここで、端末タグ3 0は、送信時刻を示す情報が含まれた子信号を生成する。端末タグ3 0は、子信号に示した送信時刻に、当該子信号を送信する（ステップS 4 3）。

ステップS 4 4～S 4 6に示される処理は、図1 3のステップS 3 4～S 3 6と同様である。

[0079] 上記では、基地局2 0が、端末タグ3 0に時刻を同期させるための信号（時刻情報）を通知して、基地局2 0と端末タグ3 0とを時刻同期させる場合を例に説明したが、これに限定されない。本変形例において、任意の方法を用いて、基地局2 0と端末タグ3 0とが互いに時刻同期していればよい。例えば、基地局2 0と端末タグ3 0のそれぞれに電波時計の電波を受信するセンサが付加されることにより、時刻同期が行われるようにしてもよい。

[0080] 以上、第1の実施形態の変形例1にて説明したように、位置推定システム1は、端末タグ3 0と基地局2 0との時刻を同期させる時刻同期部2 6と時刻同期部3 6とを備えていてもよい時刻同期部2 6および時刻同期部3 6は、端末タグ3 0と基地局2 0との時刻を同期させる。

また、通信制御部は、端末通信制御部3 2と記憶制御部2 3とを備えていてもよい。端末通信制御部3 2は、基地局2 0から指示された送信予定時刻（「予め決められた第1時刻」の一例）に、端末タグ3 0から基地局2 0に子信号を送信させる。記憶制御部2 3は、端末タグ3 0からの子信号が受信された受信時刻を、基地局2 0によって記憶部2 8に記憶させる。

また、信号到達時間算出部2 4（「計測部」の一例）は、送信予定時刻、及び記憶部2 8に記憶された受信時刻を用いて、信号到達時間を算出してもよい。

このように、第1の実施形態の変形例1の位置推定システム1では、予め決められた第1時刻に、端末タグ3 0から基地局2 0に子信号が送信されている。すなわち、送信予定時刻（第1時刻）から受信時刻までの時間には、子信号を生成するなどの信号処理に要した時間が含まれない。したがって、信号到達時間算出部2 4は、信号到達時間を容易に算出することが可能とな

る。

[0081] また、第1の実施形態の変形例1にて説明したように、位置推定システム1は、端末タグ30と基地局20との時刻を同期させる時刻同期部26と時刻同期部36とを備えていてもよい。時刻同期部26および時刻同期部36は、端末タグ30と基地局20との時刻を同期させる。

また、通信制御部は、端末通信制御部32と記憶制御部23とを備えていてもよい。端末通信制御部32は、送信時刻（「第2時刻」の一例）を示す情報を含む子信号を、端末タグ30から基地局20に送信させる。記憶制御部23は、端末タグ30からの子信号が受信された受信時刻を、基地局20によって記憶部28に記憶させる。

また、信号到達時間算出部24（「計測部」の一例）は、子信号に示された送信時刻、及び記憶部28に記憶された受信時刻を用いて、信号到達時間を算出してもよい。

このように、第1の実施形態の変形例1の位置推定システム1では、子信号に、端末タグ30から基地局20への送信時刻である第2時刻が含まれている。すなわち、送信時刻（第2時刻）から受信時刻までの時間には、子信号を生成するなどの信号処理に要した時間が含まれない。したがって、上述した効果と同様の効果を奏する。また、端末タグ30が基地局20に信号を通知する任意のタイミングで端末タグ30の位置を推定することができる。

[0082] （第1の実施形態の変形例2）

第1の実施形態の変形例2について説明する。本変形例では、位置推定システム1では、信号到達時間と、受信電波強度との両方を用いて、端末タグ30の位置を推定する点において、上述した第1の実施形態と相違する。

[0083] 本変形例では、基地局20のそれぞれが受信電波強度を測定する機能部（受信電波強度測定部と称する）を備える。受信電波強度測定部は、端末タグ30から通知される信号の受信電波強度を測定する。受信電波強度測定部は、例えば、基地局20の受信アンテナに受電される電波の振幅の大きさに応じて受信電波強度を測定する。受信電波強度測定部は、測定した受信電波強

度をサーバ装置 10 に送信する。

サーバ装置 10 の位置推定部 13 は、受信電波強度測定部から取得した受信電波強度を用いて、基地局 20 から端末タグ 30 までの距離を推定する。位置推定部 13 は、例えば、取得した受信電波強度に基づいて、予め記憶したテーブル等を参照することにより、端末タグ 30 までの距離を推定する。ここでのテーブルは、受信電波強度と距離との対応関係を示す情報である。

位置推定部 13 は、基地局 20 のそれぞれから取得した受信電波強度を用いて、基地局 20 のそれぞれと端末タグ 30 までの距離を算出する。位置推定部 13 は、算出した基地局 20 のそれぞれと端末タグ 30 までの距離に基づいて、端末タグ 30 の位置を推定する。

位置推定部 13 は、信号到達時間に基づいて推定した端末タグ 30 の位置（以下、第 1 推定位置という）と、受信電波強度に基づいて推定した端末タグ 30 の位置（以下、第 2 推定位置という）とを用いて、端末タグ 30 の位置を決定する。位置推定部 13 は、例えば、第 1 推定位置と第 2 推定位置との代表値を端末タグ 30 の位置とする。代表値は、第 1 推定位置と第 2 推定位置とを用いて算出される値であって、例えば、単純加算平均値、重みづけ平均値、最大値、及び最小値などである。

[0084] このように、受信電波強度測定部（「計測部」の一例）は、基地局 20 によって受信された信号の電波強度を測定し、位置推定部 13 は、計測部により計測された信号到達時間、及び電波強度を基に、端末タグ 30（端末装置）の位置を推定してもよい。

これにより、位置推定システム 1 の変形例 2 では、位置推定部 13 は、信号到達時間と、受信電波強度との両方を用いて、端末タグ 30 の位置を推定する。このため、位置推定システム 1 の変形例 2 では、受信電波強度を併用して、信号到達時間のみを用いた場合と比較して、端末タグ 30 の位置を精度よく推定することが可能である。

[0085] 変形例として、位置推定システム 1 は、基地局 20 と通信可能に接続するサーバ装置 10（又は基地局 20）に推定位置検算部を備えていてもよい。

推定位置検算部は、端末タグ30の位置推定（位置推定部13によって推定された端末タグ30の位置）の確かさを検算する。例えば、推定位置検算部は、直近の端末タグ30の推定位置を示す情報（以下、推定位置情報という）、端末タグ30を搭載する移動物体（車両、貨物列車、バイクなど）に関する情報（以下、移動物体情報）、および移動物体ごとの推定到達距離情報を保持する。

推定到達距離情報は、移動物体が所定の時刻に到達すると推定される距離を示す情報である。推定到達距離情報は、例えば、移動物体の平均速度と、直近の推定位置情報と、経過時間とに基づいて算出される。経過時間は、直近の推定位置情報が取得された時刻と距離を推定する時刻との時間の差分である。推定到達距離情報は、移動物体、及びその移動物体に搭載された端末タグ30の移動範囲を示す円形領域の半径に相当する。

[0086] 推定位置検算部は、端末タグ30の最新の推定位置情報が算出された際に、推定到達距離情報と当該最新の推定位置情報に基づいて、位置推定の確かさを検算する。

推定位置検算部は、推定された端末タグ30の最新位置に基づいて算出される移動距離と、推定到達距離情報に基づく距離との差分が、所定の閾値より大きい場合に、誤推定、すなわち位置推定部13による位置推定が確からしくなく、誤りがある可能性が高いと判定する。一方、推定位置検算部は、端末タグ30の移動距離と、推定到達距離情報に基づく距離との差分が、所定の閾値より小さい場合に、誤推定ではない、すなわち位置推定部13による位置推定が確からしいと判定する。

[0087] 推定位置検算部は、位置推定部13による位置推定に誤りがあると判定した場合、例えば、再度の位置推定を行うようにしてもよい。また、推定位置検算部は、位置推定部13による位置推定に誤りがあると判定した場合、例えば、位置推定の精度が所定の基準に達するまで、繰り返し位置推定を行うようにしてもよい。

[0088] 再度の位置推定を行う場合、サーバ装置10（又は基地局20）は、位置

推定に誤りがあると判定した直後に、端末タグ30に送信指示をするようにしてもよいし、所定の時間経過後に送信指示をするようにしてもよい。この場合、所定の時間の間に、端末タグ30が移動していると考えられる。このため、サーバ装置10（又は基地局20）が所定の時間経過後に、再度の送信指示をすることにより、端末タグ30との間の通信環境が変化し、通信を正常に行う確率を高める可能性がある。

[0089] （第2の実施形態）

第2の実施形態について説明する。本実施形態では、基地局20と端末タグ30との通信が中継器を経由して行われた場合を考慮する点において、上述した第1の実施形態と相違する。

[0090] 図15は、第2の実施形態による位置推定システム1の構成の例を示す図である。位置推定システム1は、中継器40を備える。中継器40は、基地局20と端末タグ30との通信を中継する。中継器40は、例えば、基地局20と端末タグ30との間に配置される。中継器40は、基地局20により端末タグ30に送信された信号を受信し、受信した信号を端末タグ30に送信する。中継器40は、端末タグ30により基地局20に送信された信号を受信し、受信した信号を基地局20に送信する。

[0091] 図16は、第2の実施形態による中継器の構成の例を示すブロック図である。中継器40は、例えば、中継器通信部41と、中継器記憶部42と、中継器制御部43とを備える。中継器通信部41は、基地局20及び端末タグ30と通信する。中継器記憶部42は、記憶媒体、例えば、HDD、フラッシュメモリ、EEPROM、RAM、ROM、またはこれらの記憶媒体の任意の組み合わせによって構成される。中継器記憶部は、中継器の各種処理を実行するためのプログラム、及び各種処理を行う際に利用される一時的なデータを記憶する。中継器記憶部42は、第1中継情報420と、第2中継情報421とを記憶する。

[0092] 図17は、第2の実施形態による第1中継情報の構成の例を示す図である。図17に示すように、第1中継情報420は、例えば、中継器IDと、信

号種別と、中継フラグと、中継器送信時刻などの項目を備える。中継器IDは、送信指示信号を中継した中継器を一意に識別する識別情報である。中継フラグは、中継器により送信指示信号が送信（中継）されたか否かを示す情報である。例えば、中継フラグが「1」であれば送信指示信号が中継されたことを示し、中継フラグが「0（ゼロ）」であれば送信指示信号が中継されていないことを示す情報である。中継器送信時刻は、中継器によって送信指示信号が端末タグ30に送信される時刻を示す情報である。

[0093] 図18は、第2の実施形態による第2中継情報の構成の例を示す図である。第2中継情報421は、例えば、中継器IDと、信号種別と、中継フラグと、中継器受信時刻などの項目を備える。中継器IDと中継フラグとは、第1中継情報における中継器IDと中継フラグと同様である。中継器受信時刻は、中継器によって子信号が受信された時刻を示す情報である。

[0094] 図16に戻り、中継器制御部43は、中継器40を制御する。中継器制御部43により行われる処理は、中継器40がハードウェアとして備えるCPUにプログラムを実行させることによって実現される。

[0095] 中継器制御部43は、基地局20から送信された送信指示信号を、中継器通信部を介して受信する。中継器制御部43は、受信した送信指示信号に、第1中継情報420を付加する。中継器制御部43は、例えば、図10に示す信号SGのフォーマットにおけるデータ部DAに、第1中継情報420を付加する。中継器制御部43は、第1中継情報420が付加された送信指示信号を、端末タグ30に送信する。

[0096] 端末タグ30は、第1中継情報420が付加された送信指示信号を受信する。この場合、端末タグ30は、送信指示信号の応答としての子信号に、第1中継情報420を付加する。端末タグ30は、第1中継情報を付加した子信号を基地局20に送信する。

[0097] 中継器制御部43は、端末タグ30により送信された子信号を、中継器通信部41を介して受信する。中継器制御部43は、第2中継情報421を生成し、子信号を受信した時刻を、その第2中継情報421の中継器受信時刻

として、中継器記憶部42に記憶させる。

[0098] 中継器制御部43は、受信した子信号に、第2中継情報421を付加する。中継器制御部43は、例えば、中継器記憶部42を参照して第2中継情報421を取得する。中継器制御部43は、例えば、図10に示す信号SGのフォーマットにおけるデータ部DAに、第2中継情報421を付加する。中継器40は、第2中継情報421が付加された子信号を、基地局20に送信する。

[0099] 基地局20は、子信号を受信する。基地局20は、受信した子信号に、中継情報（第1中継情報420又は第2中継情報421の少なくともいずれか）が付加されているか否かを判定する。基地局20は、子信号に中継情報が付加されている場合、送信時刻情報280及び受信時刻情報281を用いた信号往復処理時間の算出を行わない。

[0100] 子信号に中継情報が付加されている場合、送信指示信号と子信号との少なくとも一方が、中継器を経由して通知されたことを示している。この場合、送信指示信号又は子信号の少なくとも一方は、中継器を経由して伝送されている。このため、基地局20は、送信指示信号又は子信号が直接伝送された場合を前提とする、送信時刻情報280及び受信時刻情報281を用いた信号往復処理時間の算出を行わない。

[0101] 基地局20は、子信号に中継情報が付加されている場合、付加された中継情報に応じて、信号往復処理時間を算出する。この場合において、中継情報は、以下のような内訳を取り得る。

（1）1つの第1中継情報420と、1つの第2中継情報421とが含まれる。

（2）互いに異なる個数の第1中継情報420と、第2中継情報421とが含まれる。

[0102] （1）の場合、中継情報には、送信指示信号が1つの中継器によって中継され、且つ、子信号が1つの中継器によって中継されたことが示されている。この場合、基地局20は、送信指示信号を中継した中継器（以下、第1送

信信号中継器という)と、子信号を中継した中継器(以下、第1受信信号中継器という)とが同一の中継器であるか否かを判定する。基地局20は、第1中継情報420に含まれる中継器IDと、第2中継情報421に含まれる中継器IDとが一致する場合、第1送信信号中継器と、第1受信信号中継器とが同一の中継器であると判定する。基地局20は、第1送信信号中継器と、第1受信信号中継器とが同一の中継器である場合、その中継器と端末タグ30との信号伝達に要した時間を、信号往復処理時間として算出する。基地局20は、第1中継情報420に示された中継器送信時刻を送信時刻情報280とし、第2中継情報421に示された中継器受信時刻を受信時刻情報281として、第1の実施形態と同様に、信号往復処理時間を算出する。

[0103] (2)の場合、中継情報には、送信指示信号が1つ又は複数の中継器によって中継され、且つ、子信号が1つ又は複数の中継器によって中継されたことが示されている。

[0104] この場合、基地局20は、端末タグ30に、直接、送信指示信号を送信した中継器(以下、第2送信信号中継器という)を特定する。基地局20は、子信号に1つの第1中継情報が含まれている場合、その第1中継情報に示されている中継器IDに対応する中継器を、第2送信信号中継器とする。基地局20は、子信号に複数の第1中継情報が含まれている場合には、その複数の第1中継情報のうち、中継器送信時刻として最も遅い時刻が示されている第1中継情報を抽出する。基地局20は、抽出した第1中継情報に示されている中継器IDに対応する中継器を、第2送信信号中継器とする。

[0105] 基地局20は、端末タグ30から、直接、子信号を受信した中継器(以下、第2受信信号中継器という)を特定する。基地局20は、子信号に1つの第2中継情報が含まれている場合、その第2中継情報に示されている中継器IDに対応する中継器を、第2受信信号中継器とする。基地局20は、子信号に複数の第2中継情報が含まれている場合には、その複数の第2中継情報のうち、中継器受信時刻として、最も早い時刻が示されている第2中継情報を抽出する。基地局20は、抽出した第2中継情報に示されている中継器ID

Dに対応する中継器を、第2受信信号中継器とする。

[0106] 基地局20は、第2送信信号中継器と、第2受信信号中継器とが同一の中継器であるか否かを判定する。基地局20は、第2送信信号中継器に対応する中継器IDと、第2受信信号中継器に対応する中継器IDとが一致する場合、第2送信信号中継器と、第2受信信号中継器とが同一の中継器であると判定する。基地局20は、第2送信信号中継器と、第2受信信号中継器とが同一の中継器である場合、その中継器と端末タグ30との信号伝達に要した時間を、信号往復処理時間として算出する。基地局20は、第1中継情報420に示された中継器送信時刻を送信時刻情報280とし、第2中継情報421に示された中継器受信時刻を受信時刻情報281として、第1の実施形態と同様に、信号往復処理時間を算出する。ここでの第1中継情報420は、第2送信信号中継器に対応付けられた第1中継情報である。ここでの第2中継情報は、第2受信信号中継器に対応付けられた第2中継情報である。

[0107] なお、(1)の場合において、第1送信信号中継器と第1受信信号中継器とが同一の中継器ではない場合、信号往復処理時間の算出を行わない。また、(2)の場合において、第2送信信号中継器と第2受信信号中継器とが同一の中継器ではない場合、信号往復処理時間の算出を行わない。送信指示信号と、その子信号との信号伝達経路が異なるためである。

[0108] 基地局20は、信号往復処理時間を算出した場合、信号往復処理時間に基づいて信号到達時間を算出する。基地局20は、算出した信号到達時間をサーバ装置10に通知する場合において、何れの中継器40を経由したかを示す情報、例えば、信号を中継した中継器40の中継器ID、を併せてサーバ装置10に通知する。

[0109] 図19は、第2の実施形態による位置推定システム1が行う処理の流れを示すシーケンス図である。

基地局20は、送信指示信号を通知する(ステップS50)。基地局20は、送信指示信号を送信した送信時刻を記憶する(ステップS51)。

中継器40は、基地局20から送信指示信号を受信すると、受信した送信

指示信号に、第1中継情報420を付加する（ステップS52）。中継器40は、第1中継情報420を付加した送信指示信号を、端末タグ30に送信する（ステップS53）。

端末タグ30は、送信指示信号を受信すると、その応答として、子信号を生成する（ステップS54）。この場合において、端末タグ30は、送信指示信号に付加されていた第1中継情報420を、子信号に付加する。端末タグ30は、生成した子信号を基地局20に送信する（ステップS55）。

中継器40は、端末タグ30から子信号を受信すると、その受信した子信号に、第2中継情報421を付加する（ステップS56）。中継器40は、子信号を基地局20に送信する（ステップS57）。この場合において、中継器40から基地局20に送信された子信号には、第1中継情報420と第2中継情報421とが付加されている。

基地局20は、中継器40から子信号を受信すると、その子信号を受信した受信時刻を記憶する（ステップS58）。基地局20は、信号到達時間を算出する（ステップS59）。基地局20は、第1中継情報420に付加された中継器送信時刻と、第2中継情報421に付加された中継器受信時刻を用いて、信号到達時間を算出する。基地局20は、算出した信号到達時間を、サーバ装置10に送信する。

[0110] 以上説明した通り、第2の実施形態の位置推定システム1は、中継器40を更に備える。中継器40は、基地局20と端末タグ30との通信を中継する。中継器40は、中継器通信部41と、中継器制御部43とを備える。中継器通信部41は、基地局20及び端末タグ30と通信する。中継器制御部43は、送信指示信号を受信した場合、受信した送信指示信号に第1中継情報420を付加した信号（第1信号）を、端末タグ30に送信する。第1中継情報420は、中継器40から送信指示信号を送信した時刻を示す中継器送信時刻を含む情報である。端末タグ30は、送信指示信号に第1中継情報420が含まれている場合、第1中継情報420を付加した子信号を、基地局20に送信する。中継器制御部43は、子信号を受信した場合、子信号を

受信した時刻を示す中継器受信時刻を、中継器記憶部42に記憶させる。中継器制御部43は、子信号に第2中継情報421を付加した信号（第2信号）を、基地局20に送信する。第2中継情報421は、中継器40が子信号を受信した時刻を示す中継器受信時刻を含む情報である。基地局20は、子信号（第2信号）を受信した場合、受信した子信号（第2信号）に第1中継情報420及び第2中継情報421が付加されているか否かを判定する。基地局20は、子信号（第2信号）に第1中継情報420及び第2中継情報421が付加されている場合、第1中継情報420に示された中継器送信時刻と、第2中継情報421に示された中継器受信時刻とを用いて、端末タグ30と中継器40とにおいて信号を往復するのに要した時間を、信号往復処理時間として算出する。

[0111] これにより、第2の実施形態の位置推定システム1では、信号（送信指示信号及び子信号）が、中継された場合に、中継情報が付加される。このため、信号が中継器40によって中継されたか否かを特定することができ、中継器40によって信号が中継されたか否かに応じて、信号往復処理時間を算出する方法を変更することができる。したがって、中継器40を中継した場合であっても、精度よく信号往復処理時間を算出することが可能である。

[0112] （第2の実施形態の変形例）

第2の実施形態の変形例について説明する。本変形例では、サーバ装置10が、判定部を備える点において、上述した第2の実施形態と相違する。判定部は、中継器40を経由した場合において算出された信号到達時間を、端末タグ30の位置を推定する場合に用いるか否かを判定する。

[0113] 基地局20は、信号到達時間算出部24により信号到達時間を算出し、算出した信号到達時間を、サーバ装置10に通知する。この場合において、基地局20は、信号到達時間を示す情報に、ルート情報を付加する。ルート情報は、信号到達時間に対応する信号の伝達経路（ルート）を示す情報である。信号到達時間に対応する信号とは、送信指示信号とその応答となる子信号（以下、子信号等という）である。ルート情報は、子信号等が、直接伝達さ

れたか、或いは中継器 40 を経由したか、を示す情報である。基地局 20 は、子信号に中継情報が含まれていない場合には、ルート情報に、直接伝達されたことを示す情報を設定する。基地局 20 は、子信号に中継情報が含まれていた場合には、ルート情報に、中継器 40 を経由したことを示す情報を設定する。基地局 20 は、ルート情報に中継器 40 を経由したことを示す情報を設定した場合、何れの中継器 40 を経由したかを示す情報、例えば、信号を中継した中継器 40 の中継器 ID、をサーバ装置 10 に通知する。

[0114] サーバ装置 10 の判定部は、ルート情報に基づいて、信号到達時間を、端末タグ 30 の位置を推定する情報として用いるか否かを判定する。例えば、サーバ装置 10 の判定部は、ルート情報に、直接伝達されたものである旨が示されている場合、信号到達時間を、端末タグ 30 の位置を推定する情報として用いると判定する。一方、サーバ装置 10 の判定部は、ルート情報に、中継器 40 を経由して伝達されたものである旨が示されている場合、信号到達時間を、端末タグ 30 の位置を推定する情報として用いないと判定する。

[0115] サーバ装置 10 の判定部は、例えば、端末タグ 30 の位置推定において要求される精度などに応じて、中継器 40 を経由した信号を、位置の推定に用いるか否かを判定する。中継器 40 を経由する場合、中継器 40 における信号処理などに要する処理時間によりタイムラグが発生し、信号到達時間に含まれる誤差が増大する可能性がある。このような場合において、中継器 40 を経由した信号を、端末タグ 30 の位置推定に用いると、推定精度を低下させる可能性がある。このため、サーバ装置 10 の判定部は、ルート情報に基づいて、信号到達時間を、端末タグ 30 の位置を推定する情報として用いるか否かを判定する。これにより、位置推定に用いる信号を、中継器 40 を経由したか否かに応じて選択することができる。したがって、サーバ装置 10 は、端末タグ 30 の位置を推定する場合において、推定の精度を制御することが可能となる。

[0116] 以上説明したように、第 2 の実施形態の変形例に係る位置推定システム 1 では、サーバ装置 10 は、さらに判定部を備える。基地局 20 は、ルート情

報を付加した信号到達時間を示す情報を、サーバ装置 10 に送信する。ルート情報は、信号到達時間に対応する子信号の伝達経路を示す情報である。ルート情報は、例えば、基地局 20 と端末タグ 30 とを中継器 40 を介さずに直接伝達したか、中継器 40 を介して伝達したかを示す情報である。サーバ装置 10 の判定部は、ルート情報に基づいて、端末タグ 30 の位置を推定する情報として、信号到達時間を用いるか否かを判定する。これにより、第 2 の実施形態の変形例に係る位置推定システム 1 では、要求される精度に応じて、信号到達時間を選択することが可能となる。例えば、位置推定の精度を向上させたい場合には、中継器 40 を経由しない、基地局 20 から端末タグ 30 まで直接伝達された信号のみを用いることができる。一方、精度がさほど要求されない場合には、中継器 40 を経由した信号を用いて位置を推定するように使い分けることができる。

[0117] なお、上述した第 1 の実施形態、及び第 2 の実施形態では、基地局 20 が、信号到達時間算出部 24 により信号到達時間を算出する場合を例示して説明した。しかしながらこれに限定されない。サーバ装置 10 が、信号到達時間の算出を行ってもよい。その場合、基地局 20 のそれぞれは、信号到達時間を算出する場合に用いられる情報、例えば、送信指示信号が送信された時刻、子信号が受信された時刻などを、サーバ装置 10 に送信する。サーバ装置 10 は、信号到達時間算出部 24 と同等の処理を行う機能部を備える。当該機能部は、基地局 20 のそれぞれから受信した情報に基づいて信号到達時間を算出する。サーバ装置 10 が、信号到達時間を算出することにより、基地局 20 のそれぞれにおいて信号到達時間が算出される場合と比較して、基地局 20 における処理負荷を低減させることができる。したがって、基地局 20 に高い性能が要求されなくなるため、基地局 20 の装備を簡便にすることが可能となる。

[0118] 上述した少なくとも一つの実施形態における位置推定システム 1 の全部又は一部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシ

ステムに読み込ませ、実行することにより処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

また、「コンピュータシステム」は、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）を備えたWWWシステムも含む。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含む。

[0119] また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

[0120] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

符号の説明

[0121] 1…位置推定システム（通信システム）
10…サーバ装置
11…通信部

- 1 2 …信号到達時間取得部
- 1 3 …位置推定部
- 1 4 …G P S 情報取得部
- 1 5 …時刻同期部
- 1 7 …制御部
- 1 8 …記憶部
- 2 0 …基地局
- 2 1 …通信部
- 2 2 …基地局通信制御部（通信制御部）
- 2 3 …記憶制御部
- 2 4 …信号到達時間算出部（計測部）
- 2 5 …時刻情報取得部
- 2 6 …時刻同期部
- 2 7 …制御部
- 2 8 …記憶部
- 2 8 0 …送信時刻情報
- 2 8 1 …受信時刻情報
- 2 8 2 …処理時間情報
- 3 0 …端末タグ（端末装置）
- 3 1 …通信部
- 3 2 …端末通信制御部（通信制御部）
- 3 3 …センサ情報取得部
- 3 4 …送信信号生成部
- 3 5 …時刻情報取得部
- 3 6 …時刻同期部
- 3 7 …制御部
- 3 8 …記憶部

請求の範囲

- [請求項1] 端末装置、及び前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局を有し、前記端末装置の位置を推定する通信システムであって、
 前記基地局と、前記端末装置との通信を制御する通信制御部と、
 前記基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測する計測部と、
 前記計測部により計測された前記信号到達時間を基に、前記端末装置の位置を推定する位置推定部と、
 を備える通信システム。
- [請求項2] 前記通信制御部は、
 前記基地局から前記端末装置に送信指示信号を送信させる基地局通信制御部と、
 前記送信指示信号を受信した前記端末装置から、前記送信指示信号の応答である子信号を前記基地局に送信させる端末通信制御部と、
 前記基地局から前記端末装置に前記送信指示信号を送信させた送信時刻、及び前記端末装置からの前記子信号が前記基地局に受信された受信時刻を記憶部に記憶させる記憶制御部と、を備え、
 前記計測部は、前記記憶部に記憶された前記送信時刻、及び前記受信時刻を用いて、前記信号到達時間を算出する、
 請求項1に記載の通信システム。
- [請求項3] 前記端末装置と前記基地局との時刻を同期させる時刻同期部、を更に備え、
 前記通信制御部は、
 予め決められた第1時刻に、前記端末装置から前記基地局に子信号を送信させる端末通信制御部と、
 前記端末装置からの前記子信号が前記基地局に受信された受信時刻を記憶部に記憶させる記憶制御部と、を備え、
 前記計測部は、前記第1時刻、及び前記記憶部に記憶された前記受

信時刻を用いて、前記信号到達時間を算出する、

請求項 1 に記載の通信システム。

[請求項4] 前記端末装置と前記基地局との時刻を同期させる時刻同期部、を更に備え、

前記通信制御部は、

前記端末装置から送信する子信号であって、前記端末装置から前記子信号を送信する時刻である第 2 時刻を示す情報を含む前記子信号を、前記基地局に送信させる端末通信制御部と、

前記端末装置からの前記子信号が前記基地局に受信された受信時刻を記憶部に記憶させる記憶制御部と、を備え、

前記計測部は、前記子信号に含まれる前記第 2 時刻を示す情報、及び前記記憶部に記憶された前記受信時刻を用いて、前記信号到達時間を算出する、

請求項 1 に記載の通信システム。

[請求項5] 前記位置推定部は、前記基地局を含む少なくとも 3 つ以上の基地局それぞれの前記信号到達時間を基に、前記端末装置の位置を推定する、

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の通信システム。

[請求項6] 前記計測部は、前記基地局によって受信された信号の電波強度を測定し、

前記位置推定部は、前記計測部により計測された前記信号到達時間、及び前記電波強度を基に、前記端末装置の位置を推定する、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の通信システム。

[請求項7] 前記基地局と通信可能に接続するサーバ装置、を更に有し、

前記サーバ装置は、前記位置推定部を備える、

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の通信システム。

[請求項8] 前記通信制御部は、

前記端末装置から前記基地局へ送信する信号の送信が失敗したか

否かを判定し、当該信号の送信が失敗した場合に当該信号を再送させる制御を行い、再送した信号の回数である再送回数を示す再送回数情報を記憶させる端末通信制御部を備え、

前記再送する信号には、前記再送回数を示す情報が含まれる、
請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の通信システム。

[請求項 9]

前記基地局と前記端末装置との通信を中継する中継器を更に備え、
前記中継器は、

前記送信指示信号及び前記子信号を受信する中継器通信部と、

前記中継器通信部によって受信された前記送信指示信号に第 1 中継情報を付加した第 1 信号を前記端末装置に送信し、前記中継器通信部によって受信された前記子信号に第 2 中継情報を付加した第 2 信号を前記基地局に送信する中継器制御部と、

を備え、

前記第 1 中継情報には、第 1 信号が前記中継器によって前記端末装置に送信される時刻を示す中継器送信時刻が含まれ、

前記第 2 中継情報には、前記子信号が前記中継器によって受信された時刻を示す中継器受信時刻が含まれ、

前記端末装置は、前記送信指示信号を受信した場合、受信した前記送信指示信号に前記第 1 中継情報が付加されていた場合には、前記第 1 中継情報を付加した前記子信号を、前記送信指示信号に対応する前記子信号として生成し、前記生成した前記子信号を前記基地局に送信し、

前記計測部は、受信した前記第 2 信号に、前記第 1 中継情報及び第 2 中継情報が含まれる場合、前記第 1 中継情報に示される前記中継器送信時刻、及び前記第 2 中継情報に示される前記中継器受信時刻を用いて、前記中継器から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した時間を、前記信号到達時間として算出する、

請求項 2 に記載の通信システム。

- [請求項10] 前記計測部により計測された前記信号到達時間におけるルート情報に基づいて、前記信号到達時間を前記端末装置の位置を推定する際に用いるか否かを判定する判定部を更に備え、
前記ルート情報は、前記信号到達時間に対応する信号の伝達経路を示す情報である、
請求項9に記載の通信システム。
- [請求項11] 端末装置の位置を推定する通信システムにおいて、前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局であって、
前記端末装置との通信を制御する基地局通信制御部と、
前記基地局から前記端末装置に送信した送信指示信号の送信時刻、及び前記基地局が前記端末装置から前記送信指示信号の応答である子信号を受信した受信時刻に基づいて、前記基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測する計測部と、
を備える基地局。
- [請求項12] 端末装置の位置を推定する通信システムの、前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局において、前記基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測する計測方法であって、
基地局通信制御部が、前記端末装置との通信を制御し、
計測部が、前記基地局から前記端末装置に送信した送信指示信号の送信時刻、及び前記基地局が前記端末装置から前記送信指示信号の応答である子信号を受信した受信時刻に基づいて、前記信号到達時間を計測する、
計測方法。
- [請求項13] 端末装置の位置を推定する通信システムの、前記端末装置と双方向に通信可能に接続される基地局において、基地局から送信した信号が前記端末装置に到達するまでに要した信号到達時間を計測するプログ

ラムであって、

前記端末装置との通信を制御する基地局通信制御手段、

前記基地局から前記端末装置に送信した送信指示信号の送信時刻、
及び前記基地局が前記端末装置から前記送信指示信号の応答である子
信号を受信した受信時刻に基づいて、前記信号到達時間を計測する計
測手段、

を実行させるためのプログラム。