

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2022-30674  
(P2022-30674A)

(43)公開日

令和4年2月18日(2022. 2. 18)

(51)Int. Cl.

G 0 1 S 5/02 (2010.01)  
H 0 4 W 64/00 (2009.01)

F I

G 0 1 S 5/02 Z  
H 0 4 W 64/00 1 1 0  
H 0 4 W 64/00 1 5 0

テーマコード(参考)

5 J 0 6 2  
5 K 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2020-134829(P2020-134829)

(22)出願日 令和2年8月7日(2020. 8. 7)

(71)出願人 504174135

国立大学法人九州工業大学  
福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号

(74)代理人 100090697

弁理士 中前 富士男

(74)代理人 100176142

弁理士 清井 洋平

(74)代理人 100127155

来田 義弘

(72)発明者 吉田 香

福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 国  
立大学法人九州工業大学内

(72)発明者 ブラヒム ベネッサ

福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 国  
立大学法人九州工業大学内

最終頁に続く

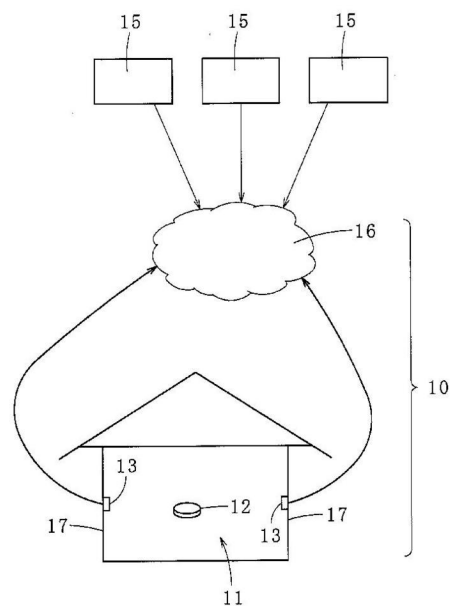
(54)【発明の名称】 屋内位置推定システム及び屋内位置推定方法

(57)【要約】

【課題】受信機よりも小型、軽量の発信機をユーザに携帯(所持)させ、屋内に設置した受信機で電波強度を計測して屋内の電波強度分布を求めることにより、ユーザの負担を軽減し、実用性を向上させた屋内位置推定システム及び屋内位置推定方法を提供する。

【解決手段】屋内11における位置情報が未知の任意位置にある発信機12から発信される電波を、屋内11における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機13で受信した時の電波強度に基づいて、屋内11の電波強度分布を求め、発信機12の位置を推定する。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

屋内における位置情報が未知の任意位置にある発信機から発信される電波を、前記屋内における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記発信機の位置を推定する屋内位置推定システムであって、前記屋内で前記発信機から発信される電波を前記受信機が受信した時に電波強度を測定する電波強度測定手段と、前記発信機が前記屋内における位置情報が既知の測定位置にある時に、該測定位置の位置情報と、前記電波強度測定手段により測定される前記測定位置での電波強度とを記憶するデータ収集手段と、前記データ収集手段に記憶された複数の前記測定位置の位置情報と複数の該測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求めるモデル構築手段と、前記発信機が前記任意位置にある時に、前記電波強度測定手段により測定される前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記発信機の位置を推定する位置算出手段とを有することを特徴とする屋内位置推定システム。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記データ収集手段は、前記各測定位置で前記発信機を異なる複数の方向に向けた時に前記電波強度測定手段で測定される電波強度を記憶することを特徴とする屋内位置推定システム。

20

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記電波強度測定手段は、前記受信機に搭載され、前記データ収集手段、前記モデル構築手段及び前記位置算出手段は、サーバに搭載されていることを特徴とする屋内位置推定システム。

**【請求項 4】**

請求項 3 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記サーバは、前記位置算出手段によって推定された前記発信機の位置に関する情報を表示する情報共有手段を有し、前記サーバには、監視者がアクセス可能であることを特徴とする屋内位置推定システム。

**【請求項 5】**

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 記載の屋内位置推定システムにおいて、前記発信機は、監視対象となるユーザが所持するビーコン装置であることを特徴とする屋内位置推定システム。

30

**【請求項 6】**

屋内における位置情報が未知の任意位置にある発信機から発信される電波を、前記屋内における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記発信機の位置を推定する屋内位置推定方法であって、前記発信機が前記屋内における位置情報が既知の測定位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記受信機で受信して、電波強度測定手段により前記測定位置での電波強度を測定し、前記測定位置の位置情報と該測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第 1 の工程と、モデル構築手段によって、前記データ収集手段に記憶された複数の前記測定位置の位置情報と複数の該測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求める第 2 の工程と、前記発信機が前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記受信機で受信して、前記電波強度測定手段により前記任意位置での電波強度を測定する第 3 の工程と、位置算出手段によって、前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記発信機の位置を推定する第 4 の工程とを有することを特徴とする屋内位置推定方法。

40

**【請求項 7】**

50

請求項 6 記載の屋内位置推定方法において、前記第 1 の工程では、前記電波強度測定手段により、前記各測定位置で前記発信機を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、前記データ収集手段に記憶させることを特徴とする屋内位置推定方法。

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 記載の屋内位置推定方法において、前記電波強度測定手段は、前記受信機に搭載され、前記データ収集手段、前記モデル構築手段及び前記位置算出手段は、サーバに搭載されていることを特徴とする屋内位置推定方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の屋内位置推定方法において、前記第 4 の工程で前記位置算出手段によって推定された前記発信機的位置に関する情報を、前記サーバに表示させる第 5 の工程を有し、前記サーバには、監視者がアクセス可能であることを特徴とする屋内位置推定方法。

10

【請求項 10】

請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 記載の屋内位置推定方法において、監視対象となるユーザに前記発信機としてビーコン装置を所持させることを特徴とする屋内位置推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、屋内で電波を発信する発信機的位置を推定する屋内位置推定システム及び屋内位置推定方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、衛星航法システム (NSS: Navigation Satellite System) を利用した多くの位置情報サービスが提供されている。しかし、このシステムは衛星からの電波を受信する必要があるため、電波が届かない屋内では利用することができない。そこで、Wi-Fi (登録商標) や Bluetooth (登録商標) などの無線通信における受信信号強度 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) を用いて、屋内での位置測定 (推定) を行う技術が提案されている。これは、屋内に電波の発信機 (電波光源) を設置しておき、この発信機から発信された電波を、人に持たせた受信機 (携帯端末) で受信することによって、受信機 (人) の位置を特定するものである。例えば、特許文献 1 には、無線移動端末 (受信機) が受信した電波の電界強度 (受信信号強度) に基づいて、複数の基地局 (発信機) の各々と無線移動端末との距離を求め、基地局の位置を中心とし、かつ、求められた距離を半径とした円を複数の基地局ごとに形成し、複数の円の交点を無線移動端末の位置と推定する技術が開示されている。また、特許文献 2 には、検知エリアを分割した分割領域ごとに、受信機が取り得る複数の状態に応じて、受信機が受信した受信電波強度 (受信信号強度) を予め測定し、電波情報として記憶しておき、ある分割領域内に位置する受信機が所定の状態で受信した受信電波強度と比較して、類似度が最も高い受信電波強度を電波情報の中から選択し、それに対応する分割領域を、受信機が位置する領域として特定する位置特定方法が開示されている。

30

【0003】

40

しかしながら、電波は人の体によって吸収されるので、受信機を持った人が同じ位置に立っていても、その人の体の向きや受信機の持ち方 (角度や向き) によって受信する信号強度に違いが発生し、そこから推定される発信機と受信機との距離にも誤差を生じる可能性がある。よって、特許文献 1 のように、予め無線移動端末 (受信機) を用いて求めた電界強度 (受信信号強度) と距離との関係に基づいて、ある無線移動端末で求めた電界強度から、その無線移動端末の位置を推定する手法では、正確な位置を推定することができないおそれがある。また、発信機と受信機との間に障害物が存在する場合、その障害物によって電波が弱められ、測定される受信信号強度が小さくなるので、その受信信号強度から推定される発信機と受信機との距離は実際より長くなり、正確な位置を推定できないおそれがある。特に、家庭やオフィス等の屋内空間には、家具、机、棚等の障害物が設置される

50

ため推定誤差が大きくなる可能性が高い。これに対し、特許文献2では、受信機が取り得る複数の状態で受信電波強度（受信信号強度）を予め測定しているため、人の体の向きや受信機の持ち方の違いによって生じる受信電波強度の測定誤差を軽減することができる。また、発信機と受信機との距離と、受信電波強度との関係を求める代わりに、受信電波強度の類似度から、受信機が位置する領域を特定しているため、障害物の影響による発信機と受信機との距離の推定誤差を解消することができる。しかし、受信電波強度が類似する領域を、受信機が位置する領域として特定するので、分割領域の広さ（検知エリアの分割数）によって、位置特定の精度が左右される。つまり、分割領域が広ければ、受信機が存在する可能性のある領域が広くなるため、高精度の位置特定を実現するためには、検知エリア内を細かく分割しなければならないが、事前の受信電波強度の測定に手間がかかり、記憶する電波情報の量も増大するという問題がある。また、検知エリア内をどんなに細かく分割しても、受信電波強度の類似度が最も高い領域を受信機が存在する領域として選択する限り、受信機が存在する位置をピンポイントで推定することは困難であり、位置推定の精度には限界がある。

10

#### 【0004】

そこで、本出願人は、特許文献3に示すように、予め、位置推定の対象となる屋内の電波強度分布を求めておき、位置推定が必要な場面では、未知の位置にある携帯端末（受信機）で測定された電波強度から、その携帯端末の正確な位置情報を導出する屋内位置推定システム、屋内位置推定方法、及び屋内位置推定方法を実行するプログラムを出願した。この特許文献3は、予め屋内の電波強度分布を求めることができるため、実際に位置推定を行う際には、電波強度測定手段で電波強度を測定するだけで、位置算出手段により、短時間の内に携帯端末の位置を簡単かつ正確に推定することができ、処理時間が短く、実用性に優れ、子供や高齢者の見守り等に有効に利用可能であった。また、モデル構築手段において電波強度分布を求める際に、放射基底関数を用いていることにより、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行い、その位置情報と電波強度を収集して屋内の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することが可能で、機能性に優れたものであった。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

【特許文献1】国際公開第97/33386号

【特許文献2】特開2017-201240号公報

【特許文献3】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】

#### 【0006】

しかしながら、特許文献3では、発信機を屋内の壁や天井に設置し、受信機となる携帯端末をユーザが携帯することにより、屋内位置推定を実現しているため、ユーザが携帯する携帯端末内で電波強度分布の計算及び位置推定の計算を実行できるという利点がある反面、ユーザが、計算能力が高く、大きさ、質量共に所持の負担となる携帯端末を常に携帯する必要があるという欠点があった。

40

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、受信機よりも小型、軽量の発信機をユーザに携帯（所持）させ、屋内に設置した受信機で電波強度を計測して屋内の電波強度分布を求めることにより、ユーザの負担を軽減し、実用性を向上させた屋内位置推定システム及び屋内位置推定方法を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

前記目的に沿う第1の発明に係る屋内位置推定システムは、屋内における位置情報が未知の任意位置にある発信機から発信される電波を、前記屋内における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記発信

50

機の位置を推定する屋内位置推定システムであって、  
前記屋内で前記発信機から発信される電波を前記受信機が受信した時に電波強度を測定する電波強度測定手段と、  
前記発信機が前記屋内における位置情報が既知の測定位置にある時に、該測定位置の位置情報と、前記電波強度測定手段により測定される前記測定位置での電波強度とを記憶するデータ収集手段と、  
前記データ収集手段に記憶された複数の前記測定位置の位置情報と複数の該測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求めるモデル構築手段と、  
前記発信機が前記任意位置にある時に、前記電波強度測定手段により測定される前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記発信機の位置を推定する位置算出手段とを有する。

10

**【0008】**

ここで、発信機と受信機は、特に限定されるものではなく、発信機が発信する電波（信号）を受信機で受信できる組合せであればよいが、発信機としては、ビーコン装置が好適に用いられる。受信機は、少なくとも発信機から発信される電波を受信して電波強度を測定できるものであればよい。屋内に設置する受信機の数、1個又は2個以上であり、実用性の面からは3～5個が好ましいが、屋内の形状や広さ等に応じて、適宜、増やすことができる。1又は複数の受信機で測定した電波強度のデータを、別途、演算器（コンピュータ等）で処理し、屋内の電波強度分布を求めることにより、発信機の位置を推定することができる。なお、例えば受信機が1個の場合は、従来の演算器（即ち、コンピュータ）と同様のRAM、CPU、ROM等を備えたスマートフォン、その他の携帯情報端末（PDA: Personal Digital Assistant）等を受信機として用いることにより、別途、演算器を必要とすることなく、受信機のみで電波強度のデータを処理し、屋内の電波強度分布を求めて、発信機の位置を推定することもできる（以上、第2の発明においても同様）。

20

**【0009】**

第1の発明に係る屋内位置推定システムにおいて、前記データ収集手段は、前記各測定位置で前記発信機を異なる複数の方向に向けた時に前記電波強度測定手段で測定される電波強度を記憶することが好ましい。

30

ここで、各測定位置で電波強度を測定する際の発信機の方法は、適宜、選択することができるが、屋内に2個以上の受信機が設置されている場合は、各受信機の方法に合わせることを好ましい。例えば、平面視して長方形や正方形に形成された部屋の各壁面に受信機が設置されている場合、発信機を各壁面に向けて電波強度を測定することが好ましい（以上、第2の発明においても同様）。

**【0010】**

第1の発明に係る屋内位置推定システムにおいて、前記電波強度測定手段は、前記受信機に搭載され、前記データ収集手段、前記モデル構築手段及び前記位置算出手段は、サーバに搭載されていることが好ましい。

40

ここで、サーバはネットワークに接続されたパソコンであり、前述のように、受信機の電波強度測定手段で測定された電波強度のデータをデータ収集手段で収集して、モデル構築手段により屋内の電波強度分布を求め、位置算出手段により発信機の位置を推定する。

**【0011】**

第1の発明に係る屋内位置推定システムにおいて、前記サーバは、前記位置算出手段によって推定された前記発信機の位置に関する情報を表示する情報共有手段を有し、前記サーバには、監視者がアクセス可能であることがさらに好ましい。

ここで、監視者の人数は適宜、選択することができる。1人でも複数人でもよい。監視対象者（ユーザ）及び監視者は適宜、選択することができる。例えば、子供や高齢者等を監視対象者とし、その家族（親族）、介護者、医師、看護師等を監視者としてもよいし、屋内

50

で勤務する医師、看護師及び介護士等のスタッフ（従業者）を監視対象者とし、監視対象者の現在位置等を管理する立場にある医師、看護師及び病院長等の管理者（使用者）を監視者としてもよい。いずれの場合も、監視対象者に発信機を携帯（所持）させることにより、各監視者が監視対象者の位置情報を共有することができる。なお、サーバの形態は適宜、選択することができるが、クラウドサーバを用いた場合、低コストで、メンテナンスにも手間がかからず、取り扱い性に優れる（以上、第2の発明においても同様）。

#### 【0012】

第1の発明に係る屋内位置推定方法において、前記発信機は、監視対象となるユーザが所持するビーコン装置であることが好ましい。

ここで、ビーコン装置としては、省電力性に優れるBluetooth Low Energy（BLE）を利用するものが好適に用いられるが、同様の電波（信号）を発信できるものであれば、特に限定されない（以上、第2の発明においても同様）。

10

#### 【0013】

前記目的に沿う第2の発明に係る屋内位置推定方法は、屋内における位置情報が未知の任意位置にある発信機から発信される電波を、前記屋内における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機で受信した時の電波強度に基づいて、前記屋内における前記発信機の位置を推定する屋内位置推定方法であって、

前記発信機が前記屋内における位置情報が既知の測定位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記受信機で受信して、電波強度測定手段により前記測定位置での電波強度を測定し、前記測定位置の位置情報と該測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第1の工程と、

20

モデル構築手段によって、前記データ収集手段に記憶された複数の前記測定位置の位置情報と複数の該測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて前記屋内の電波強度分布を求める第2の工程と、

前記発信機が前記屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、前記発信機から発信される電波を前記受信機で受信して、前記電波強度測定手段により前記任意位置での電波強度を測定する第3の工程と、

位置算出手段によって、前記任意位置での電波強度と、前記モデル構築手段により予め求められた前記電波強度分布から、前記任意位置の位置情報を導出することにより、前記発信機の位置を推定する第4の工程とを有する。

30

#### 【0014】

第2の発明に係る屋内位置推定方法において、前記第1の工程では、前記電波強度測定手段により、前記各測定位置で前記発信機を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、前記データ収集手段に記憶させることが好ましい。

#### 【0015】

第2の発明に係る屋内位置推定方法において、前記電波強度測定手段は、前記受信機に搭載され、前記データ収集手段、前記モデル構築手段及び前記位置算出手段は、サーバに搭載されていることが好ましい。

#### 【0016】

第2の発明に係る屋内位置推定方法において、前記第4の工程で前記位置算出手段によって推定された前記発信機の位置に関する情報を、前記サーバに表示させる第5の工程を有し、前記サーバには、監視者がアクセス可能であることがさらに好ましい。

40

#### 【0017】

第2の発明に係る屋内位置推定方法において、監視対象となるユーザに前記発信機としてビーコン装置を所持させることが好ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0018】

第1の発明に係る屋内位置推定システム及び第2の発明に係る屋内位置推定方法は、屋内における位置情報が未知の任意位置にある発信機から発信される電波を、屋内における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機で受信した時の電波強度に基づいて、屋内に

50

おける発信機の位置を推定するので、監視対象者（ユーザ）は、従来の携帯端末（例えばスマートフォン）等の代わりに、小型で軽量の発信機を身に付ければよく、監視対象者の負担を軽減することができ、実用性を高めることができる。

また、第1の発明に係る屋内位置推定システムでは、屋内で発信機から発信される電波を受信機が受信した時に電波強度を測定する電波強度測定手段と、発信機が屋内における位置情報が既知の測定位置にある時に、測定位置の位置情報と、電波強度測定手段により測定される測定位置での電波強度とを記憶するデータ収集手段と、データ収集手段に記憶された複数の測定位置の位置情報と複数の測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内の電波強度分布を求めるモデル構築手段と、発信機が任意位置にある時に、電波強度測定手段により測定される任意位置での電波強度と、モデル構築手段により予め求められた電波強度分布から、任意位置の位置情報を導出することにより、発信機の位置を推定する位置算出手段とを有するので、予め屋内の電波強度分布を求めることができ、実際に位置推定を行う際には、位置情報が未知の任意位置にある発信機から電波を受信して電波強度測定手段で電波強度を測定するだけで、位置算出手段により、短時間の内に発信機の位置を簡単かつ正確に推定することができ、処理時間が短く、実用性に優れ、子供や高齢者の見守り、スタッフ（従業者）の所在確認等に有効に利用することができる。

10

#### 【0019】

第1の発明において、データ収集手段が、各測定位置で発信機を異なる複数の方向に向けた時に電波強度測定手段で測定される電波強度を記憶する場合、発信機の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して、モデル構築手段で電波強度分布を求めることができ、位置算出手段での位置推定の精度を高めることができる。

20

#### 【0020】

第1の発明及び第2の発明において、電波強度測定手段が、受信機に搭載され、データ収集手段、モデル構築手段及び位置算出手段が、サーバに搭載されている場合、受信機の構成及び機能を簡素化して、受信機の負荷を軽減できると共に、サーバを用いてデータの処理を高速化することができる。

#### 【0021】

第1の発明において、サーバが、位置算出手段によって推定された発信機の位置に関する情報を表示する情報共有手段を有し、サーバに、監視者がアクセス可能である場合、遠隔地の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者が、その情報を利用（共有）して、発信機を所持している子供、高齢者、スタッフ（従業者）等の監視対象者の位置を容易に確認することができ、特に高齢者の生活の援助等に役立てることができる。

30

#### 【0022】

第1の発明において、発信機が、監視対象となるユーザが所持するビーコン装置である場合、システムを低コストで構築して、その普及を図ることができる。

#### 【0023】

第2の発明に係る屋内位置推定方法では、発信機が屋内における位置情報が既知の測定位置にある時に、発信機から発信される電波を受信機で受信して、電波強度測定手段により測定位置での電波強度を測定し、測定位置の位置情報と測定位置での電波強度をデータ収集手段に記憶する第1の工程と、モデル構築手段によって、データ収集手段に記憶された複数の各測定位置の位置情報と複数の各測定位置での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内の電波強度分布を求める第2の工程と、発信機が屋内の位置情報が未知の任意位置にある時に、発信機から発信される電波を受信機で受信して、電波強度測定手段により任意位置での電波強度を測定する第3の工程と、位置算出手段によって、任意位置での電波強度と、モデル構築手段により予め求められた電波強度分布から、任意位置の位置情報を導出することにより、発信機の位置を推定する第4の工程とを有するので、第1、第2の工程で、予め屋内の電波強度分布を求めることができ、実際に位置推定を行う際には、第3の工程として、位置情報が未知の任意位置にある発信機から電波を受信して電波強度測定手段で電波強度を測定するだけで、第4の工程において、位置算出手段により、短時間の内に発信機の位置を簡単かつ正確に推定することができ、処理時間が短く、実

40

50

用性に優れ、子供や高齢者の見守り、スタッフ（従業者）の所在確認等に有効に利用することができる。特に、第2の工程において、モデル構築手段で電波強度分布を求める際に、放射基底関数を用いていることにより、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行い、その位置情報と電波強度を収集して屋内の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することが可能で、機能性に優れる。

#### 【0024】

第2の発明において、第1の工程で、電波強度測定手段により、各測定位置で発信機を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段に記憶させた場合、第2の工程で、モデル構築手段により、発信機の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第4の工程での位置推定の精度を高めることができる。

10

#### 【0025】

第2の発明において、第4の工程で位置算出手段によって推定された発信機の位置に関する情報を、サーバに表示させる第5の工程を有し、サーバに、監視者がアクセス可能である場合、遠隔地の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者が、その情報を利用（共有）して、発信機を所持している子供、高齢者、スタッフ（従業者）等の監視対象者の位置を容易に確認することができ、特に高齢者の生活の援助等に役立てることができる。

#### 【0026】

第2の発明において、発信機が、監視対象となるユーザが所持するビーコン装置である場合、既存（市販）の製品を利用して容易に屋内位置推定を行うことができる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0027】

【図1】本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定システムの説明図である。

【図2】同システムを構成する屋内における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機及び屋内における位置情報が既知の測定位置を示す平面図である。

【図3】同システムの構成を示すブロック図である。

【図4】同システムで用いられる屋内位置推定方法のオフライン作業時のフローチャートである。

【図5】同システムで用いられる屋内位置推定方法のオンライン作業時のフローチャートである。

30

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0028】

続いて、本発明を具体化した実施の形態について説明し、本発明の理解に供する。

本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定システム10は、図1に示すように、対象となる屋内（部屋）11における位置情報が未知の任意位置にある発信機（例えばビーコン装置）12が発する電波（信号）を、屋内11における位置情報が既知の受信位置に設置された受信機13で受信した時の電波強度に基づいて、屋内11における発信機12の位置を推定するものである。なお、屋内位置推定システム10は、発信機12を所持している監視対象者（ユーザ）の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者15が、ネットワークを介してアクセス可能なサーバ（例えばクラウドサーバ）16を有している。これにより、発信機（ユーザ）12の位置に関する情報を監視者15がサーバ16を介して共有することができる。よって、例えば、子供、高齢者、スタッフ（従業者）等の監視対象者に発信機12を携帯させ、その位置を確認することにより、遠隔地の監視者15が、監視対象者の活動状況等を把握することが可能となり、見守りサービス等に利用することができる。なお、監視者15の数は1人でも複数人でもよく、監視対象者自身又は監視対象者の家族等が適宜、選択することができる。また、屋内位置推定システム10による位置推定を許可するか否かを監視対象者が設定できる構成とすることにより、プライバシーを保護することもできる。

40

#### 【0029】

受信機13は、図1、図2に示すように、屋内11において、例えば、Bluetooth

50



hを用いて発信機12と無線通信を行うことが可能な位置に設置されており、発信機12から発信される無線通信用の電波を発信するように構成されている。なお、本実施の形態では、図1、図2に示すように、平面視して一辺が10mの正方形に形成された屋内11に対して、各壁17の幅方向中央部に同じ高さで受信機13を設置し、屋内11の二次元平面上の縦、及び横に7箇所ずつ合計49箇所の測定位置18(図2中の丸印)を設定したが、屋内11の形状、及び大きさは、適宜、選択することができる。また、受信機13と測定位置18の数、及び配置は、屋内11の形状や大きさ等に応じて、適宜、選択することができる。例えば、発信機12が屋内11のどの位置にあっても、発信機12から発信される電波を1つの受信機13で受信することができるのであれば、受信機13は必ずしも全ての壁17に設置する必要はなく、屋内11に1つだけ設置してもよい。また、屋内11が広い場合は、1つの壁17に対して複数の受信機13を設置してもよいし、壁17以外にも設置することができ、例えば、天井に設置してもよい。屋内11に複数の受信機13を設置する場合、各受信機13の高さは同じである必要はなく、異なる高さに設置してもよい。なお、測定位置18の配置は等間隔である必要はなく、屋内11に設置される各種設置物との位置関係等に応じて、部分的に疎密があってもよい。また、ここでは、Bluetoothを用いて無線通信を行う場合を説明しているが、これに限定されるものではなく、例えば、無線LAN(例えばWi-Fi)、ZigBee(登録商標)、UWB、光無線通信(例えば赤外線)等の無線通信方式を用いてもよい。

10

#### 【0030】

屋内11において発信機12が電波(信号)を発信することにより、発信機12と各受信機13との間で無線通信が行われる。ここで、図3に示すように、発信機12は、少なくとも電波を発信できる発信手段19を備えていればよい。また、受信機13として、従来公知の演算器(即ち、コンピュータ)と同様のRAM、CPU、ROM等を備えたスマートフォン又は携帯情報端末等を用いてもよいが、受信機13は、少なくとも発信機12から発信される電波を受信して電波強度を測定できる電波強度測定手段20を備えていればよい。そして、屋内位置推定システム10は、図3に示すように、発信手段19及び電波強度測定手段20の他に、データ収集手段21、モデル構築手段22、位置算出手段23及び情報共有手段24を含んで構成されるが、屋内位置推定システム10に用いられる屋内位置推定方法を実行するプログラム(ソフトウェア)が、先に説明したサーバ16にインストールされ、実行されることにより、サーバ16を上記のデータ収集手段21、モデル構築手段22、位置算出手段23及び情報共有手段24として機能させることができる。

20

30

#### 【0031】

以下、本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定方法を各手段の動作に基づいて説明する。

まず、準備段階の作業(オフライン作業)として、位置推定の対象となる屋内11を選択(特定)した後、発信機12が、図2に示した、屋内11における位置情報が既知の各測定位置18にある時に、発信機12から発信される電波をそれぞれの受信機13で受信する。そして、測定位置18毎に発信機12から発信される電波を受信したそれぞれの受信機13は、電波強度測定手段20により電波強度を測定する。各測定位置18の位置情報(本実施の形態では、屋内11の左下隅を原点とする二次元空間内の座標)と、それぞれの受信機13(電波強度測定手段20)により測定された各測定位置18での電波強度(RSSI)は、サーバ16のデータ収集手段21(図3参照)に記憶される。なお、各測定位置18は、位置情報が既知であればよく、電波強度の測定は、予め設定された測定位置18を順次、移動しながら行ってもよいし、その場で、適宜、選択してもよい(以上、第1の工程)。

40

次に、モデル構築手段22によって、データ収集手段21に記憶された各測定位置18の位置情報と各測定位置18での電波強度との関係から、放射基底関数を用いて屋内11の電波強度分布を求める(以上、第2の工程)。

以上で、準備段階が完了するが、必要に応じて、測定位置の追加或いは変更を行うことが

50

可能であり、追加或いは変更された測定位置において、上記第1の工程を行って、測定位置の位置情報、及び電波強度のデータを更新した後、上記第2の工程を行うことにより、屋内11の電波強度分布を最新の情報に更新することができ、レイアウト変更等にも即座に対応することができる。

#### 【0032】

次に、実際に位置推定を行う段階（オンライン作業）では、監視対象者が所持している発信機12が、屋内11における位置情報が未知の任意位置にある時に、発信機12から発信される電波をそれぞれの受信機13で受信して、電波強度測定手段20（図3参照）により任意位置での電波強度を測定する（以上、第3の工程）。

そして、第3の工程で測定された任意位置での電波強度と、第2の工程でモデル構築手段により予め求められた電波強度分布から、位置算出手段23により、任意位置の位置情報を導出することにより、発信機12の位置を推定する（以上、第4の工程）。

第4の工程において、位置算出手段23によって推定された発信機12の位置に関する情報は、情報共有手段24により、図1に示したように、複数の監視者15がアクセス可能なサーバ16上に表示することができる（以上、第5の工程）。

よって、屋内位置推定システム10を利用する監視対象者（ユーザ）の家族（親族）、介護者、医師、看護師等の監視者15は、サーバ16上で共有される監視対象者の位置情報を確認することにより、発信機12を所持している子供や高齢者等の見守り、スタッフ（従業者）の所在確認と勤務（活動）状況の把握等を容易に行うことができる。なお、サーバ16上に表示される位置情報のデータは情報共有手段24に保存され、発信機12（監視対象者）の移動履歴の確認、行動パターンの解析、及び行動予測等のデータとしても利用できる。

#### 【0033】

なお、第1の工程において、電波強度測定手段20により、各測定位置18で発信機12を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段21に記憶するようにすれば、発信機12の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第4の工程での位置推定の精度を高めることができる。

また、第5の工程において、発信機12の位置に関する情報をサーバ16上に表示する際に、屋内11の見取り図と一緒に屋内11の設置物の位置を表示するようにすれば、監視者15は、監視対象者の行動等を把握し易く、機能性、実用性に優れる。

#### 【0034】

以下、本発明の一実施の形態に係る屋内位置推定方法のアルゴリズムについて具体的に説明する。

まず、準備段階の作業（オフライン作業）では、図4に示すように、位置推定の対象となる屋内11を選択する。

次に、屋内11の各測定位置18において発信機12から発信される電波をそれぞれの受信機13で受信して、電波強度測定手段20により電波強度を測定するが、このとき、各測定位置12の位置情報を行列Pに格納し、各測定位置18での電波強度を行列Sに格納する。なお、受信機13が受信する信号（電波）にはノイズが含まれるため、測定した電波強度のデータをフィルタリングした上で行列Sに格納する。例えば、受信機13が受信する信号の値（電波強度）は時間と共に変動するので、所定間隔で受信した複数（例えば5つ）の信号の値を平均化する処理等を行うことにより、ノイズを除去して、位置推定の精度を高めることができる。測定位置18がM箇所の場合（ $i = 1 \sim M$ ）は、以上の動作をM回繰り返す。こうして得られた各測定位置18の位置情報と各測定位置18での電波強度はデータ収集手段21に記憶される（以上、第1のステップ）。

屋内11における各測定位置18の位置情報（座標）は、電波強度（RSSI）の関数となるので、次式（1）のように表すことができる。

#### 【0035】

【数 1】

$$P = C \cdot f(S) \quad (1)$$

【0036】

ここで、Pは屋内11における各測定位置18の位置情報を表す行列、Sは屋内11における各測定位置18での電波強度を表す行列、Cは屋内11における位置情報と電波強度との関係を表す係数行列である。

上記の関係から屋内11の任意位置（未知の位置）での位置情報を導出するために、放射基底関数（RBF）を適用する。放射基底関数は、測定位置18からの距離に依存しており、位置情報が既知の複数の測定位置18の間を補間して、位置推定時に、新たに位置情報が未知の任意位置で測定される電波強度から、任意位置の位置情報を特定することができる。また、放射基底関数は、ある2つの測定位置18における電波強度の差gによって特徴付けられ、次式（2）で表される。

10

【0037】

【数 2】

$$g_i = g_i(|s - s_i|) \quad (2)$$

【0038】

そこで、モデル構築手段22により、予め屋内11のM箇所の測定位置18で電波強度の測定を行って得られた行列S（データ収集手段21に記憶されている）を正規化し、各測定位置18のRBF表現を記述する行列Gを計算する。この行列Gは、次式（3）で表される。

20

【0039】

【数 3】

$$G = \begin{bmatrix} g_1(|s^1 - s^1|) & \dots & g_1(|s^j - s^1|) & \dots & g_1(|s^M - s^1|) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_i(|s^1 - s^i|) & \dots & g_i(|s^j - s^i|) & \dots & g_i(|s^M - s^i|) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_M(|s^1 - s^M|) & \dots & g_M(|s^j - s^M|) & \dots & g_M(|s^M - s^M|) \end{bmatrix} \quad (3)$$

【0040】

ここで、 $s^i$ 、 $s^j$ は、それぞれi番目、j番目の測定位置18における電波強度であり、この行列Gは、屋内11における電波強度分布を表している（以上、第2のステップ）

よって、式（1）は、次式（4）のように表すことができる。

【0041】

【数 4】

$$P = C \cdot G(S) \quad (4)$$

【0042】

そして、行列G(S)の逆行列G(S)<sup>-1</sup>を求めれば、次式（5）により、行列Cを計算することができる。これにより、準備段階が終了する。サーバ16は、異なる複数の屋内における電波強度分布を求めて保存することができる。そして、必要に応じて、先にも説明したように、測定位置の追加或いは変更を行うことが可能であり、追加或いは変更された測定位置の位置情報、及び電波強度のデータを収集して、上記の計算をやり直すことにより、屋内11の電波強度分布を最新の情報に更新することができる。

40

【0043】

【数 5】

$$C = P \cdot G(S)^{-1} \quad (5)$$

## 【 0 0 4 4 】

次に、実際に位置推定を行う段階（オンライン作業）では、図 5 に示すように、位置推定の対象となる屋内 1 1 を選択する。

その後、監視対象者が所持している発信機 1 2 が、屋内 1 1 における位置情報が未知の任意位置にある状態で、発信機 1 2 から発信される電波をそれぞれの受信機 1 3 で受信して、電波強度測定手段 2 0 により任意位置での電波強度を測定する。そして、測定した任意位置での電波強度を行列  $s$  に格納する。このとき、第 1 ステップと同様に、測定した電波強度のデータをフィルタリングした上で行列  $s$  に格納する（以上、第 3 のステップ）。

次に、位置算出手段 2 3 により、任意位置で電波強度の測定を行って得られた行列  $s$  を正規化し、先に求めた電波強度分布と比較するためのベクトル  $g$  を計算する。このベクトル  $g$  は、各測定位置 1 8 での電波強度に対する任意位置での電波強度の R B F 効果を表現するものであり、次式（6）で表される。

10

## 【 0 0 4 5 】

## 【数 6】

$$g(s) = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_M \end{bmatrix} \quad (6)$$

## 【 0 0 4 6 】

よって、任意位置の位置情報  $p(s)$  は、次式（7）で表すことができる。

20

## 【 0 0 4 7 】

## 【数 7】

$$p(s) = C \cdot g(s) \quad (7)$$

## 【 0 0 4 8 】

ここで、行列  $C$  は、屋内 1 1 の電波強度分布から式（5）によって既に求められているので、式（7）に式（5）を代入することにより、位置算出手段 2 3 で任意位置の位置情報を導出することができ、発信機 1 2 の位置を推定することができる（以上、第 4 のステップ）。

30

第 4 のステップにおいて推定された発信機 1 2 の位置に関する情報は、図 1 に示したように、複数の監視者 1 5 がアクセス可能なサーバ 1 6 上に表示することができる（以上、第 5 のステップ）

また、第 1 のステップにおいて、電波強度測定手段 2 0 により、各測定位置 1 8 で発信機 1 2 を異なる複数の方向に向けた時の電波強度を測定し、データ収集手段 2 1 に記憶するようにすれば、発信機 1 2 の向きの違いに伴う電波強度の変化も考慮して電波強度分布を求めることができ、第 4 のステップでの位置推定の精度を高めることができる。

本実施の形態に係る屋内位置推定方法を実行するプログラム（ソフトウェア）をサーバ 1 6 上で実行することにより、送信機及び受信機の構成及び機能を簡素化して位置情報の推定を行うことが可能であり、屋内位置推定システムを安価に提供することができる。

40

なお、電波強度の補間に用いる放射基底関数（R B F）としては、例えば、式（8）の薄板スプライン、式（9）の線形スプライン、式（10）の三次元スプライン、式（11）の多重二乗等の関数を適宜、選択して用いることができるが、これらに限定されるものではない。ここで、式（11）の  $c$  は、適宜、選択されるチューニング係数である。

## 【 0 0 4 9 】

【数 8】

$$\|s - s_i\| \ln (\|s - s_i\|) \quad (8)$$

$$\|s - s_i\| \quad (9)$$

$$\|s - s_i\|^3 \quad (10)$$

$$\sqrt{1 + \frac{\|s - s_i\|^2}{c^2}} \quad (11)$$

【0050】

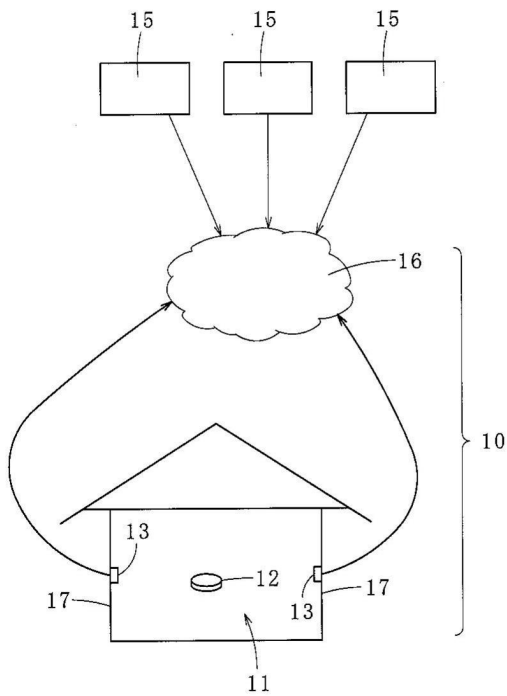
以上、本発明を、実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は何ら上記した実施の形態に記載した構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施の形態や変形例も含むものである。

【符号の説明】

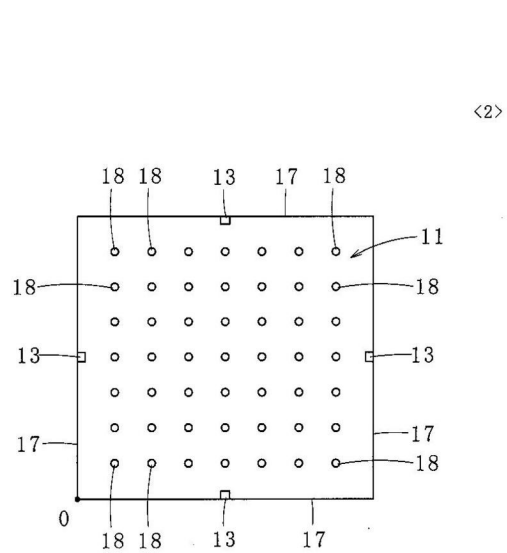
【0051】

10：屋内位置推定システム、11：屋内、12：発信機、13：受信機、15：監視者、16：サーバ、17：壁、18：測定位置、19：発信手段、20：電波強度測定手段、21：データ収集手段、22：モデル構築手段、23：位置算出手段、24：情報共有手段

【図 1】



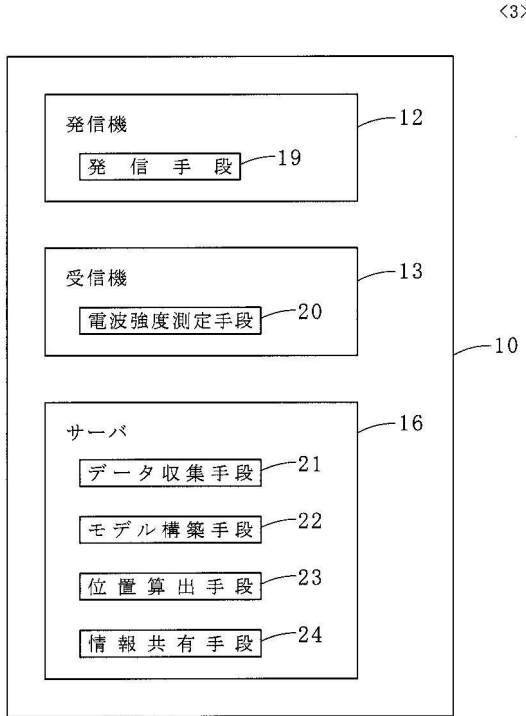
【図 2】



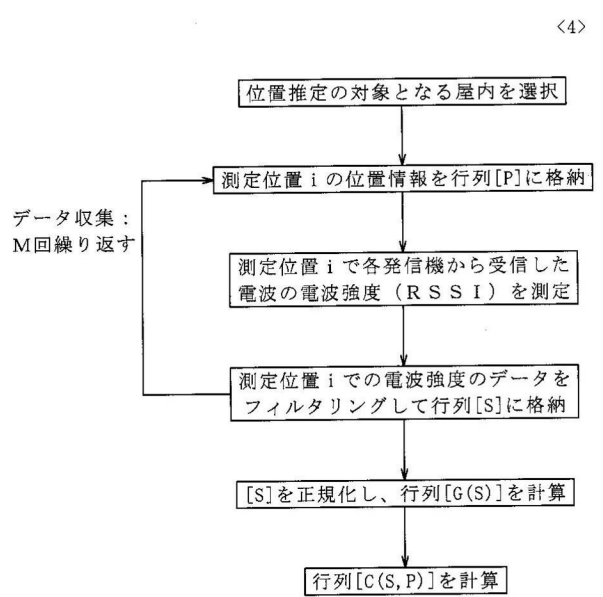
<1>

<2>

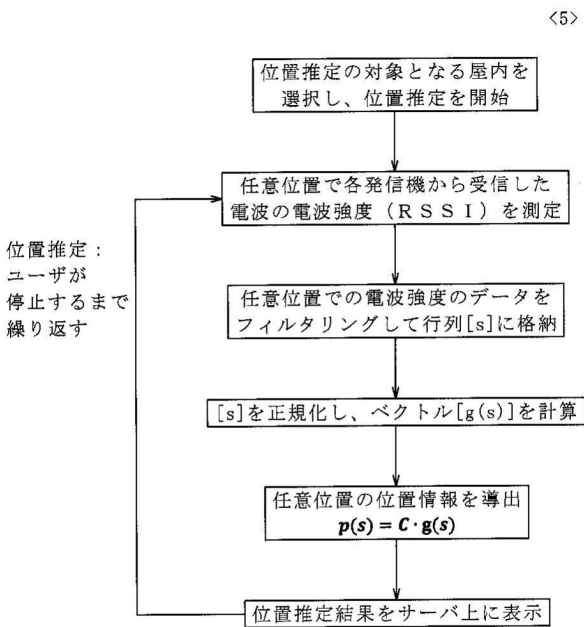
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J062 BB05 CC18 DD23  
5K067 JJ54 JJ57