

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4934441号  
(P4934441)

(45) 発行日 平成24年5月16日 (2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(51) Int. Cl.	F I	
GO1S 5/14 (2006.01)	GO1S 5/14	
GO1S 5/04 (2006.01)	GO1S 5/04	
GO1S 5/06 (2006.01)	GO1S 5/06	
HO4W 64/00 (2009.01)	HO4Q 7/00	501
	HO4Q 7/00	503
請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-11497 (P2007-11497)  
 (22) 出願日 平成19年1月22日 (2007.1.22)  
 (65) 公開番号 特開2008-178006 (P2008-178006A)  
 (43) 公開日 平成20年7月31日 (2008.7.31)  
 審査請求日 平成21年8月27日 (2009.8.27)

(73) 特許権者 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 藤岡 孝芳  
 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地  
 株式会社日立製作所システム開発研究所  
 内  
 (72) 発明者 鮫嶋 茂穂  
 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地  
 株式会社日立製作所システム開発研究所  
 内  
 審査官 戸次 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線ノード位置推定方法、システム、及びその処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線ノードと複数の受信機との間でデータの通信を行い、複数の前記受信機から得られた前記データを処理装置で処理するシステムにおける無線ノードの位置推定方法であって、前記処理装置は、

前記無線ノードの識別子と当該無線ノードが付与された前記管理対象物の対応を示す管理対象物テーブルと、

物体と当該物体が存在する座標位置を示す位置プロパティに基づき、前記物体との関係で前記管理対象物が前記座標位置に存在する確率を示す管理対象物位置関係テーブルと、を有し、

前記データである、前記受信機の各々で測定された受信強度、電波の方向、到達時間のいずれか一つ以上の測定値を選択し、

前記座標位置について、

前記選択された測定値と、予め定められた前記受信機での論理的または実験的な測定値との統計的な関係により、前記座標位置における、前記無線ノードの測定値に基づく存在確率を算出し、

前記座標位置に存在する物体を前記位置プロパティから取得し、当該物体との関係で前記管理対象物が前記座標位置に存在する、物体に基づく存在確率を前記管理対象物位置関係テーブルから取得し、

前記測定値に基づく存在確率と、前記物体に基づく存在確率を積算して、前記無線ノード

が前記座標位置に存在する確率を算出し、前記無線ノードの位置を推定する位置推定方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の位置推定方法において、  
前記処理装置は、

前記無線ノードが付加されている管理対象物が前記座標位置に存在しうる可能性を示す統計的な確率量を用いて、前記無線ノードの位置を推定する位置推定方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の位置推定方法において、

前記統計的な確率量は、前記座標位置の各々において、前記管理対象物が存在する確率である  
位置推定方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の位置推定方法において、

前記無線ノードが付加されている管理対象物が一定時間に移動可能と考えられる量から、予め移動量と統計的な確率量を与え、前記無線ノードの位置を推定する位置推定方法。

【請求項 5】

無線ノードの位置を推定する無線ノード位置推定システムであって、

前記無線ノードとの間で無線データの通信を行う複数の受信機と、

複数の前記受信機からネットワークを介して、前記無線データを受信し、処理を行う処理装置とを有し、

前記処理装置は、

前記無線ノードの識別子と当該無線ノードが付与された前記管理対象物の対応を示す管理対象物テーブルと、

物体と当該物体が存在する座標位置を示す位置プロパティに基づき、当該物体との関係で前記管理対象物が前記座標位置に存在する確率を示す管理対象物位置関係テーブルと、を有し、

前記無線データとして受信した、前記受信機の各々で測定された受信強度、電波の方向、到達時間のいずれか一つ以上の測定値を選択し、

前記座標位置について、

前記選択された測定値と、予め定められた前記受信機での論理的または実験的な測定値との統計的な関係により、前記座標位置における、前記無線ノードの測定値に基づく存在確率を算出し、

前記座標位置に存在する物体を前記位置プロパティから取得し、当該物体との関係で前記管理対象物が前記座標位置に存在する、物体に基づく存在確率を前記管理対象物位置関係テーブルから取得し、

前記測定値に基づく存在確率と前記物体に基づく存在確率を積算して、前記無線ノードが前記座標位置に存在する確率を算出し、前記無線ノードの位置を推定する無線ノード位置推定システム。

【請求項 6】

請求項 5 記載の無線ノード位置推定システムであって、

前記処理装置は、

前記無線ノードが付加されている管理対象物が前記座標位置に存在しうる可能性を統計的な確率量を用いて、前記無線ノードの位置を推定する無線ノード位置推定システム。

【請求項 7】

請求項 6 記載の無線ノード位置推定システムにおいて、

前記統計的な確率量は、前記座標位置の各々において、前記管理対象物が存在する確率で

10

20

30

40

50

ある

無線ノード位置推定システム。

【請求項 8】

請求項 5 記載の無線ノード位置推定システムにおいて、

前記処理装置は、

前記無線ノードが付加されている管理対象物が一定時間に移動可能と考えられる量から、

予め移動量と統計的な確率量を与え、前記無線ノードの位置を推定する

無線ノード位置推定システム。

【請求項 9】

無線ノードとの間で無線データの通信を行う複数の受信機からの無線データを

用いて前記無線ノードの位置を推定する処理装置であって、

複数の前記受信機からネットワークを介して、前記無線データを受信する通信部と、処理部と、記憶部とを有し、

前記処理部は、

前記無線ノードの識別子と当該無線ノードが付与された前記管理対象物の対応を示す管理対象物テーブルと、

物体と当該物体が存在する座標位置を示す位置プロパティに基づき、当該物体との関係で前記管理対象物が前記座標位置に存在する確率を示す管理対象物位置関係テーブルと、を有し、

前記無線データとして受信した、前記受信機の各々で測定された受信強度、電波の方向、到達時間のいずれか一つ以上の測定値を選択し、

前記座標位置について、

前記選択された測定値と、予め定められた前記受信機での論理的または実験的な測定値との統計的な関係により、前記座標位置における、前記無線ノードの測定値に基づく存在確率を算出し、

前記座標位置に存在する物体を前記位置プロパティから取得し、当該物体との関係で前記管理対象物が前記座標位置に存在する、物体に基づく存在確率を前記管理対象物位置関係テーブルから取得し、

前記測定値に基づく存在確率と前記物体に基づく存在確率を積算して、前記無線ノードが前記座標位置に存在する確率を算出し、前記無線ノードの位置を推定する

処理装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の処理装置において、

前記処理部は、

前記無線ノードが付加されている管理対象物が前記座標位置に存在しうる可能性を統計的な確率量を用いて、前記無線ノードの位置を推定する

処理装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の処理装置において、

前記統計的な確率量は、前記座標位置の各々において、前記管理対象物が存在する確率である

処理装置。

【請求項 12】

請求項 9 記載の処理装置において、

前記処理部は、

前記無線ノードが付加されている管理対象物が一定時間に移動可能と考えられる量から、予め移動量と統計的な確率量を与え、前記無線ノードの位置を推定する

処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【0001】

本発明は、無線ノードによる移動通信システム、無線タグシステムにおけるノードの位置推定技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

無線ノードの位置推定としては、GPS (Global Positioning System) システム、携帯電話システムなどで用いられており、その方法としては、無線ノードの電波強度や到達時間の測定値から3点測定の原理により、位置を推定する方法が広く実用化されている。

## 【0003】

しかしながら、そのような方法における、電波強度や到達時間の測定においては、空間に存在する障害物の影響、アンテナの指向性の影響、反射波との干渉などにより、かならずしも無線ノードと受信機との距離を正確に表す量を測定できるわけではない。

10

## 【0004】

それに対応する方法の1つとして、例えば特許文献1においては、各測定値から確率モデルを用いて推定精度を向上させる方法が示されている。すなわち、基地局と移動機(無線ノード)との間の距離に対する受信強度の地理的な変動を考慮して予め定められた各基地局からの距離と受信強度との統計的な関係を確率にして表した確率分布特性と、各基地局に対応した測定受信強度とに基づいて、移動機が各位置に存在する確率をもとめ、移動機の存在位置を推定している。

## 【0005】

20

【特許文献1】特開2001-313972号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、従来技術においては、確率分布特性を求めるにあたり、各基地局からの距離と受信強度との統計的な関係を確率にして表しているため、受信強度以外の他の情報を使った精度向上が十分に図られているとは言えなかった。また、地理的な変動に対応するため各基地局からの距離を考慮しているが、例えば所定の場所に存在する机やテーブル等の影響について配慮がなされていなかった。更に、移動通信システムを前提としており、確率分布特性を求めるにあたり、移動機(無線ノード)自身が何に付随しているかについて考慮する必要がなかった。

30

## 【0007】

本発明は、移動する物体の位置を推定するために、無線ノードを付加し、受信機で測定する電波状態により物体の位置を推定するにあたり、受信状態が無線経路の状態の変化や、受信機の周りの環境などによって変化しても、より精度の高い位置推定方法、そのシステム、及びその処理装置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】

## 【0008】

本発明は、上記目的を達成するため、移動する無線ノードと複数の受信機との間でデータの通信を行い、複数の受信機から得られたデータを処理装置で処理するシステムにおける無線ノードの位置推定方法であって、この処理装置は、受信機の各々で測定された受信強度、電波の方向、到達時間の一つの測定値を選択し、予め定められた受信機の統計量とこの測定値との統計的な関係により、各々の座標位置における、無線ノードの存在確率を求め、引き続き、受信機の各々で測定された受信強度、電波の方向、到達時間の他の一つの測定値に基づき、無線ノードの存在確率を積算して算出することにより、無線ノードの位置を推定する位置推定方法、位置推定システム、及びその処理装置を提供する。

40

## 【0009】

また、処理装置は、無線ノードが付加されている管理対象物が座標位置に存在する可能性を示す統計的な確率量、即ち、管理対象物が存在しえる場所に関する情報(位置プロパティ)を用いて、無線ノードの位置情報を推定する。

50

## 【0010】

すなわち、本発明は、物品管理、人流管理、在庫管理、生産管理などのサービスを行うために、移動しうる管理対象物の位置を推定することにある。管理対象物に無線ノードを付加し、受信機で測定する電波の測定結果により管理対象の物体の位置を推定する。

## 【0011】

本発明においては、特定の空間内に存在する、複数の移動可能な無線ノード、複数の受信機、処理装置から構成される。各ノードは無線による通信機能を有しており、その電波は各受信機によって受信が可能である。各受信機は、各ノードからの電波を受信する際に、その強度を測定したり、あるいは、その方向(角度)を推定したり、電波到達時間を測定したりする1つ以上の能力を有する。各受信機で測定した各データはネットワークを経由し、処理装置に送られる。処理装置では、複数の受信機によって測定された信号受信強度、電波到達時刻測定、電波方向測定結果を求め、それぞれを受信機の実態および環境条件をもとに確率分布特性を決定し、無線ノードが各位置に存在する確率を積算して算出し、その確率の分布よりその無線ノードの存在位置を推定する。

10

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明により、管理対象物に付けられた無線ノードの位置情報を高精度に推定することができる。これにより、物品管理、人流管理、在庫管理、生産管理などのサービスをより高精度に行うことが可能となる。また、無線ノードが付属する管理対象物体自身の情報と、この管理対象物が存在しえる場所に関する情報(位置プロパティ)を用いることによ

20

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0013】

以下、本発明の実施例を図面を用いて詳述する。

## 【実施例1】

## 【0014】

図1は第一の実施例のシステムの全体構成を示す図である。同図において、101は部屋、102はノードA、103はノードB、104はノードC、105は受信機A、106は受信機B、107は受信機C、108は処理装置、109はネットワークである。

## 【0015】

図7に図1の処理装置108の具体的構成の一例を示した。707が処理装置であり、一般的なパーソナルコンピュータ(PC)のシステム構成と同一のものである。図7において、701はネットワークで図1のネットワーク109に相当する。702は受信機で図1の受信機105、106、107に該当する。処理装置707内の703は通信装置、704はCPU(Central Processing Unit)、705は記憶装置、706はRAM(Random Access Memory)である。

30

## 【0016】

ネットワーク701は電波、光、音、電気信号などを用いて互いの装置間でメッセージやパケットを交換するための装置であり、ルータやケーブルなどを含むものであり、受信機702、通信装置703と接続されている。受信機702はネットワーク装置に対して制御信号を与えたり、応答を受け取ったりする装置であり、ネットワーク701と接続されている。通信装置703はネットワーク701を介して測定値などの無線データを通信するための通信部である。

40

## 【0017】

処理部であるCPU104は、図示されていないROM(Read Only Memory)やRAM106に記録されたプログラムを実行することができる装置である。記憶装置105はHDD(Hard Disk Drive)などであり、後述するテーブルや測定結果および後述するプログラムコードを記録しておくものである。RAM106は、プログラムやデータを一時的に記録するためのものである。処理装置707は各受信機が測定した測定値をネットワーク701および通信装置703を介して収集し、これをもとに後述するプログラムにより、位置推定を行うための装置である。

## 【0018】

50

さて、図1に戻って、部屋101内には、通常、各種装置が設置されている。また受信機A105、受信機B106、受信機C107、処理装置108はネットワーク109によって互いに接続されている。この実施例では、説明の都合として、ノードの数が3、受信機の数3の場合を示しているが、この数は任意である。特に本実施例においては、受信機の数が多い場合を想定している。各ノード102、103、104は無線による通信機能を有しており、その電波は各受信機によって受信が可能である。

【0019】

本実施例における無線通信システムは、各ノード102、103、104の物理的な位置を推定する。ここで、各受信機は、各ノードからの電波を受信する際に、その強度を測定したり、あるいは、その方向(角度)を測定したり、電波の到達時間を測定したり、あるいは、それらを組み合わせて行う能力があるものとする。

10

【0020】

なお、強度の測定方法としては、アンテナで受信した電波の強度を直接電氣的に読み取る方法があり、一般的に、ノードと受信機との距離が大きくなると、強度は低下する。しかしながら、空間に存在する障害物の影響、アンテナの指向性の影響、反射波との干渉などにより、かならずしもノードと受信機との距離を正確に表す量を測定できるわけではない。また、強度の測定精度は、受信機によって異なり、受信機によってはまったく測定できないものもありうる。

【0021】

ノードと受信機間の方向(角度)を測定する方法としては、たとえば、複数の受信アンテナにより、その受信アンテナで捉えられる受信波の位相の差から計算する方法がある。しかしながら、先と同様の理由により、かならずしもノードと受信機間の方向(角度)を正確に測定できるわけではない。

20

【0022】

電波の到達時間を測定する方法としては、無線で送信するデータ列の中に、送信開始時刻を付加しておき、受信機で受信した際の時刻と、受信したデータ列の中の時刻を減算することによって得られる。しかしながら、電波は必ずしも直線的に到達するとは限らないため、かならずしもノードと受信機間の距離を正確に表すわけではない。また時間差は非常に小さいため、その精度は必ずしも高くはない。

【0023】

また、このような機能は、コスト面からも、すべての受信機が備えているわけではない。言い換えると、各ノードの能力はまちまちである。本実施例においては、受信機の数任意としている。特に受信機が4以上であれば、単純な3点測量法による座標推定においては、どの受信機を用いるかによって推定位置が異なってしまい、それぞれを矛盾なく、つなぎ合わせるのが困難になる。また計算量も膨大になってしまう。

30

【0024】

本実施例は、以下に説明するように、各受信機の測定能力が異なり、かつ、そのような受信機が多数存在する状況において、ノードの位置を高速に推定できる方法を開示するものである。

【0025】

まず、本実施例におけるノード位置推定では、各ノードの位置として、離散的な位置による推定を実行する。すなわち、図2に示すように、対象としている空間、ここでは部屋101を有限の升目に区切り、それぞれに0起点の座標を与える。たとえば、左上であれば(0,0)であり、左から4番目上から3番目であれば、(3,2)となる。

40

【0026】

本実施例においては、推定対象となるノードが、各升目(x,y)において、その升目内に存在する確率 $P(x,y)$ を計算する。つまり、1つ1つの升目で、対象ノードが存在する確率を求め、最終的に、もっとも確率の高い升目上に、そのノードが存在しているという推定を出す。升目の幅としては任意であり、1cmであっても1mであってもよく、位置推定で得たい精度によって決定することができる。この推定過程において、

50

更に、本実施例では、ノードが付属する管理対象物体自身の情報と、この管理対象物が存在しえる場所に関する情報（位置プロパティ）を用いることで精度の向上を図る。なお、以後の説明において、管理対象物を付随物と呼ぶ場合がある。

【 0 0 2 7 】

以下、処理装置108、707で実行されるプログラムのフローチャートを用いて、本実施例における位置推定方式を詳細に説明する。

【 0 0 2 8 】

図3はノードの位置を推定する推定方式を説明するためのフローチャートの一実施例を示す。本フローチャートにおいては、測定データとして、各ノードからの電波強度と方向（角度）を用いる場合を例示するが、これに限定されるものでなく、更に電波の到達時間を用いる等の変更が可能であることは言うまでもない。

【 0 0 2 9 】

ステップ301はすべての $x, y$ に対して、升目内に存在する確率 $P(x, y)$ に1で初期化するを代入する処理である。初期段階としては、すべての升目に存在する確率が等しいからである。

ステップ302は受信機105、106、107の1つを $R$ において、ステップ303へ進む。すべての受信機に対する処理が完了すると、ステップ310へ進む。

ステップ303は座標の1つを $x, y$ とにおいて、ステップ304へ進む。すべての座標の処理の後、ステップ302へ戻る。

ステップ304は対象である受信機 $R$ は受信強度を測定したかどうか調べる処理である。もし受信機 $R$ は受信強度を測定した場合は、ステップ305へ進む。もし受信機 $R$ は受信強度を測定していない場合は、ステップ307へ進む。

ステップ305は $P_0$ に受信機 $R$ での受信強度から、座標 $(x, y)$ に、該当ノードが存在する確率を代入する処理である。ここで、座標 $x, y$ と受信機 $R$ の距離と、その距離にノードが存在した際の受信機での受信強度 $E_0$ （デシベル）と、実際に測定している受信強度 $E$ （デシベル）が近ければ、 $P_0$ は大きな値であり、そうでなければ小さな値である。受信強度 $E$ の測定としては、直近に得られた無線ノードからの電波の受信強度であってもよく、また過去の一定時間の平均値であっても良い。

【 0 0 3 0 】

ここでステップ305における $P_0$ について図8を用いて補足する。 $P_0$ は、現在計算している位置座標 $(x, y)$ によって異なる値であり、概念的には、位置 $(x, y)$ にノードがありそうであれば高く、ありそうでなければ低くなるような、0よりも大きい値である。すなわち、位置 $(x, y)$ が受信機からの距離が $d$ であったとして、距離 $d$ 離れた際の理論的な、または、予め実験等によって求まる電波強度が $E_0$ である場合、受信機での測定受信強度 $E$ が受信強度 $E_0$ ともし等しければ（曲線803の線上）、 $P_0$ は大きな値、例えば1であり（符号801）、測定受信強度 $E$ と受信強度 $E_0$ が離れば離れるほど、小さな値、たとえば0.5や0.1など（符号802）になる値である。なお、この受信強度 $E_0$ などの計算に用いるデータは、処理装置707の記憶部である記憶装置705に予め記憶されている。

【 0 0 3 1 】

$P_0$ の求め方としては正規分布を用いる。すなわち測定値 $E$ に対して、下式、

【 0 0 3 2 】

【数 1】

$$P_0 = e^{-\frac{(E-E_0)^2}{2\sigma^2}}$$

【 0 0 3 3 】

とする。ここで、 $e$ は自然対数の底、 $\sigma$ は標準偏差であり、受信機の特性を表す固有の値として、その受信機の受信強度が精度の高いものであれば、小さく、逆に精度が低いものであれば大きい値にあらかじめ設定しておく。また、一般的に、受信機とノードの距離が小さいほど、受信強度自体が大きくなるため、精度が向上し、また、反射や障害物の影響

10

20

30

40

50

が少なくなると考えられる。そのため、実際の受信強度が大きい場合に を小さくするように選んでもよい。または、すべての受信機で同一の値としてもよいし、特に精度が高いと考えられる受信機に対しては小さい(より信頼性を与える)としても良い。また、受信機の周りの環境が良くない、たとえば、壁からの距離が近い、などに対して、壁からの距離が大きいほど小さい値を選択しても良い。

【 0 0 3 4 】

一方、受信強度 $E_0$ に対しては、いま、受信機Rの位置が $(R_x, R_y)$ であるとする、座標 $(x, y)$ からの距離は、下式、

【 0 0 3 5 】

【数 2】

$$d = \sqrt{(R_x - x)^2 + (R_y - y)^2}$$

【 0 0 3 6 】

であり、Rが受信する受信強度の理論的な測定値 $E_0$ (デシベル)は、無線ノードの出力をP(デシベル)とすると、下式、

【 0 0 3 7 】

【数 3】

$$E_0 = \frac{P \cdot k_1}{d^2} - k_2$$

【 0 0 3 8 】

で表される。ここで $k_1$ は波長および環境によって求まる定数、 $k_2$ は損失によって決まる定数である。この関係式は理論値を用いてもよいし、または予めノードと受信機を用いて、さまざまな距離における受信強度をあらかじめ測定しておき、この結果をもとに求めてもよい。いずれにしても、記憶装置705に予め記憶されている。

【 0 0 3 9 】

なお、 $P_0$ は確率量であるが、確率に比例する値であればよく、全体で1になるような正規化をする必要はない。これは、本実施例においては、最終的に $P(x, y)$ の大小だけが問題になるからである。そのため、前述の式では正規化係数をすべて省略している。このような簡略化によって、処理速度が向上する。

ステップ306は $P(x, y)$ に $P(x, y) \cdot P_0$ を代入する処理である。

【 0 0 4 0 】

ステップ307はRは角度の測定データに基づき方向を推定したかどうか調べる処理である。もしRは方向を推定した場合は、ステップ308へ進む。もしRは方向を推定していない場合は、ステップ303へ戻る。

ステップ308は $P_0$ にRでの方向測定から、座標 $(x, y)$ に、該当ノードが存在する確率を代入する処理である。

【 0 0 4 1 】

座標 $x, y$ と受信機Rの方向は、その位置にノードが存在した際の受信機での理想的な方向測定結果  $\theta_0$ と、実際に測定している量  $\theta$  が近ければ、 $P_0$ は大きな値であり、そうでなければ小さな値である。  $\theta$  の測定としては、直近に得られた無線ノードからの電波を用いても、また過去の一定時間の平均値であっても良い。この理想的な方向測定結果  $\theta_0$  のデータについても、予め記憶部に記憶しておく。

【 0 0 4 2 】

ステップ308における $P_0$ としては、先と同様、正規分布を用いる。すなわち、下式、

【 0 0 4 3 】

【数 4】

$$P_0 = e^{-\frac{(\theta - \theta_0)^2}{2\sigma^2}}$$

10

20

30

40

50



## 【 0 0 4 4 】

とする。ここで、 $\sigma$  は標準偏差であり、受信機の特性を表す固有の値として、その受信機の受信強度が精度の高いものであれば、小さく、逆に精度が低いものであれば大きい値にあらかじめ設定しておく。これについては前述したものと同様に決定できる。また、他の測定量、たとえば、電波の到達時間が利用できるなら、これを同様に計算する。

ステップ309は $P(x,y)$ に $P(x,y) \cdot P_0$ を代入する処理である。

## 【 0 0 4 5 】

ステップ310はすべての $x,y$ に対して、 $P(x,y)$ が最大のものを探す処理である。

## 【 0 0 4 6 】

以上のステップにより、推定対象となるノードが、各升目 $(x,y)$ において、その升目内に存在する確率 $P(x,y)$ が計算できる。そして、その中で最大となる $P(x,y)$ をもつ座標が、最終的な推定位置となる。

10

## 【 0 0 4 7 】

上述の通り、 $P_0$ は、位置座標によって決まる値であり、受信強度、電波の方向それぞれの測定値毎に異なる値である。本実施例で示す処理方法では、 $P_0(x,y)$ が求まる毎に $P(x,y)$ に対して積算、すなわち $P(x,y) \cdot P_0(x,y)$ という演算、を繰り返し行っていく。この結果、複数の測定値での $P_0$ が高い値を持つ座標における $P$ が高い値となっていく。たとえば、図9の符号902で示す座標の升目においては、受信機Aでの強度測定による $P_0$ の値と、受信機Bでの方向推定による $P_0$ の値がいずれも大きい値であるため、この時点での $P$ の値も大きいものとなっており、また、符号901で示す座標の升目においては、受信機Aでの強度測定による $P_0$ の値と、受信機Bでの方向推定による $P_0$ の値のいずれかがやや小さいため、この時点での $P$ の値は小さいものとなっている。本実施例においては、以上のような積算を繰り返すことによって、真のノードの位置に近い座標の升目の $P$ が最も大きい値を持つものと期待できる。

20

## 【 0 0 4 8 】

本実施例による方式であれば、各受信機の持つ誤差は、複数の受信機の測定結果の重ね合わせとして、キャンセルされてゆき、最終的に、最も尤もらしい推定量を得ることが可能となる。また、以上説明した方式であれば、受信機が増えても、その受信機の数だけの処理が行われるだけであるため、計算量の増加は限られている。また、途中の $P_0$ の計算式は固定であるため、先に相対座標における値を計算しておけば、それをそのまま用いることが可能である。また、 $P(x,y)$ への掛け算の処理は座標毎に独立しており、互いに並列的に計算が可能である。これらの方式の組み合わせにより、本方式は非常に短時間でノードの位置推定が可能になる方式である。

30

## 【 0 0 4 9 】

次に、本実施例において、より位置精度を高める方法として、位置プロパティを用いる方法について説明する。無線ノードは、バッチの形態であったり、シールの形態であったり、物に埋め込まれたりする形態が考えられる。そして、種々に形態化されたノードは、人やさまざまなものに貼り付けられたり埋め込まれたりする。本実施例において、それらの貼り付け、埋め込み対象をノードに対する管理対象物（付随物）と呼んでいる。

40

## 【 0 0 5 0 】

本実施例においては、この管理対象物に関する情報を位置推定に用いることによって、より精度を上げることができる。その方法の詳細を以下、説明する。

## 【 0 0 5 1 】

図4はノード情報テーブルの例を示す図である。これは、各ノードが何に付随しているかを示す管理対象物情報を管理するノード情報テーブルであり、記憶部である記憶装置705、RAM706に記憶、管理され、処理装置108の処理で用いられる。このノード情報テーブルは、ノードを物に貼り付けたり、埋め込んだりする際に、管理者によって入力、維持、管理がなされるものである。

## 【 0 0 5 2 】

図4において、行403は「ノードID」が「A」であるものに関する記述であり、行404は

50

「ノードID」が「B」であるものに関する記述であり、行405は「ノードID」が「C」であるものに関する記述であり、行406は「ノードID」が「D」であるものに関する記述である。

【0053】

この例では、例えば、「ノードID」が「A」であるものの管理対象物は「ディスプレイ」であり、「ノードID」が「B」であるものの管理対象物は「本」であり、「ノードID」が「C」であるものの管理対象物は「人」であり、「ノードID」が「D」であるものの管理対象物は「ノートPC」である。

【0054】

図5は位置プロパティを記憶・管理する管理対象物対応テーブルを示す図である。先に述べたように、位置プロパティはこの管理対象物が存在しえる場所に関する情報であり、言い換えるなら、管理対象物がある位置に置かれる確率を推定したものであり、記憶部に記憶、管理され、処理装置108の処理で用いられる。このテーブルでは、たとえば、ノートPCが机のある位置に存在する確率は、他の位置にある確率の中で、40%であり、同じく、ノートPCがロッカーのある位置に存在する確率は、他の位置にある確率の中で、30%であり、同じく、ノートPCが通路のある位置に存在する確率は、他の位置にある確率の中で、30%であり、同じく、ノートPCが壁のある位置に存在する確率は、0%であることを示している。この管理対象物対応テーブルは、あらかじめ、物と位置の関係を管理者によって推定したものであり、人は机の上にいる確率よりも通路にいる確率の方が高いといったことを、物理的な制約条件と合わせて、あらかじめ設定者が予測して決めてよい。そしてこれは、正確な統計情報でなくても良い。

【0055】

さらに、そして、図2に示した対象としている空間、ここでは部屋101に対して、その昇目毎の部屋の状態、すなわち、その昇目が机であるのか壁であるのかロッカーであるのか通路であるのか、という情報、即ち位置プロパティを用意し、これを、記憶部に記憶、管理し、処理装置108の処理で用いられるようにしておく。

【0056】

以上の準備により、以下、本実施例における、より精度の高い位置の推定方法の詳細を図6に示す。

ステップ601は図3の301～309までの処理とまったく同じ処理を行う。

ステップ602は座標の1つをx,yとにおいて、ステップ603へ進む。すべての座標の処理の後、ステップ607へ進む。

ステップ603はAに座標(x,y)の位置プロパティを代入する処理である。

【0057】

ステップ604はBに対象ノードの管理対象物（付随物）データを代入する処理である。これは図4のテーブルを、対象ノードのノードIDをキーに検索することによって得られる。

【0058】

ステップ605は $P_0$ に管理対象物（付随物）対応テーブルより求まる確率を代入する処理である。これは図5の管理対象物（付随物）対応テーブルを、対象ノードの管理対象物（付随物）データBと位置プロパティAをキーに検索することによって得られる。

ステップ606は $P(x,y)$ に $P(x,y) \cdot P_0$ を代入する処理である。

【0059】

ステップ605,606と同様に、無線ノード、即ち管理対象物の移動情報から確率推定を行う方法を行っても良い。すなわち、対象ノードの管理対象物データが、一定時間に移動可能と考えられる量から、予め移動量と統計的な確率量を与え、これを表の形式で、記憶しておく。すなわち、その管理対象物データが速度vで十分に移動しうる、と予め推定できるなら、より大きい値、そうでないなら小さい値となるような確率表を予め用意しておく。

【0060】

今、対象ノードの直前の推定が時間-tで行われ、その結果が $(x_0, y_0)$ であれば、その無

線ノードが(x,y)に存在するには、下式で示す速度v、

【0061】

【数5】

$$v = \frac{\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}}{t}$$

【0062】

で移動したことになり、先に述べた表より、確率表より求め、これをP<sub>0</sub>とすることができる。

【0063】

同様に、2個のノードの間の距離関係が確率として推定できる場合、たとえば、ノードAとノードBとの距離と確率の関係があれば、これを求め、同様にP<sub>0</sub>とすることができる。各処理は選択的に行っても、すべて行っても良い。

【0064】

ステップ607はすべてのx,yに対して、P(x,y)が最大のものを探す処理である。

【0065】

以上のステップにより、推定対象となるノードが、各升目(x,y)において、その升目内に存在する確率P(x,y)が計算できる。そして、その中で最大となるP(x,y)をもつ座標が、最終的な推定位置となる。

【0066】

以上詳述した本実施例の推定方式であれば、確率値は、そのノードの振る舞いによって制限を受け、たとえば、人は机の上にいる確率よりも通路にいる確率の方が高いといった、物理的制約条件による推定が加味されることになり、たとえば、壁の中などのありえないような解が出力される、といった問題が軽減され、より精度の高い解が得られる。また、このステップは、升目の数だけの繰り返し数で終了し、またその計算も、座標毎に独立しており、互いに並列的に計算が可能である。そのため、上述した本実施例の推定方式は非常に短時間でノードの位置推定が可能になる方式である。

【0067】

以上説明したように、本発明によれば、複数の受信機によって測定される信号受信強度、電波到達時刻測定、電波方向測定結果を求め、それぞれを受信機の特性および環境条件をもとに確率分布特性を決定し、無線ノードが各位置に存在する確率を求め、その確率の分布よりその無線ノードの存在位置を推定することにより、精度の高い位置推定方法を提供することを可能とした。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の第一の実施例のシステム全体の構成を示す図。

【図2】第一の実施例における各ノードの位置を推定するための升目を説明するための図。

【図3】第一の実施例におけるノードの位置を推定するためのフローチャート図。

【図4】第一の実施例における各ノードが何に付随しているかを管理するテーブルを示す図。

【図5】第一の実施例における管理対象物の位置関係を管理するテーブルを示す図。

【図6】第一の実施例におけるノードの位置を推定するためのフローチャート図。

【図7】第一の実施例におけるシステム中の処理装置の一例を示す図。

【図8】第一の実施例におけるP<sub>0</sub>の算出を説明するための図。

【図9】第一の実施例におけるP<sub>0</sub>の積算して算出を説明するための図。

【符号の説明】

【0069】

101...部屋、102...ノードA、103...ノードB、104...ノードC、105...受信機A、106...受信機B、107...受信機C、108...処理装置、109...ネットワーク、401...ノードID、402...管

10

20

30

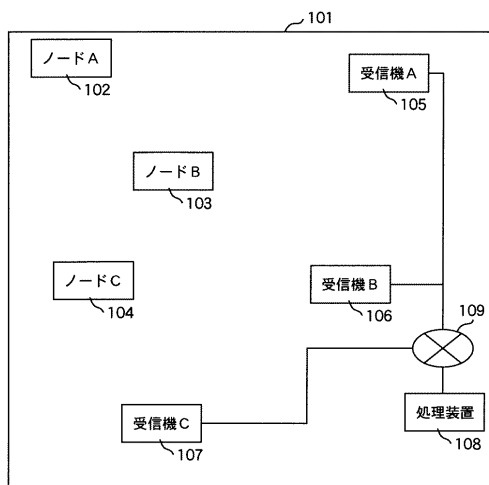
40

50

理対象物、501...NA、502...机、503...壁、504...ロッカー、505...通路、701...ネットワーク、702...受信機、703...通信装置、704...CPU、705...記憶装置、706...RAM、707...処理装置。

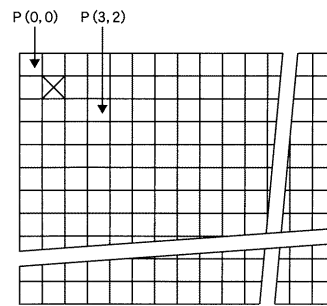
【図1】

図 1



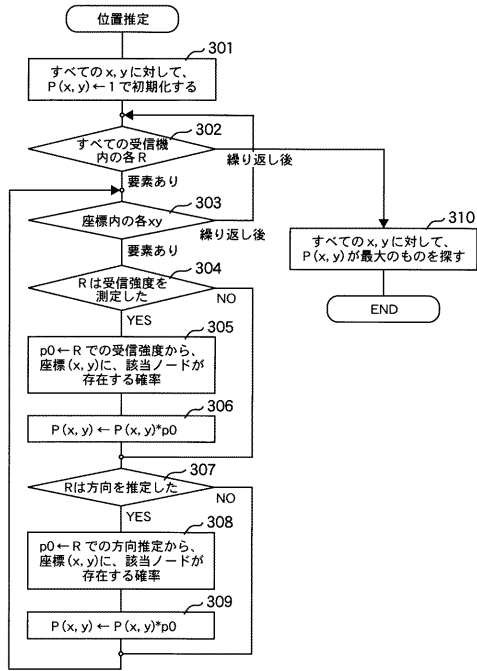
【図2】

図 2



【図3】

図 3



【図4】

図 4

401 ノード ID	402 付随物
A	ディスプレイ 403
B	本 404
C	人 405
D	ノートPC 406

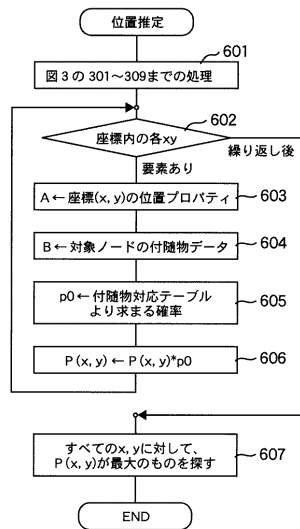
【図5】

図 5

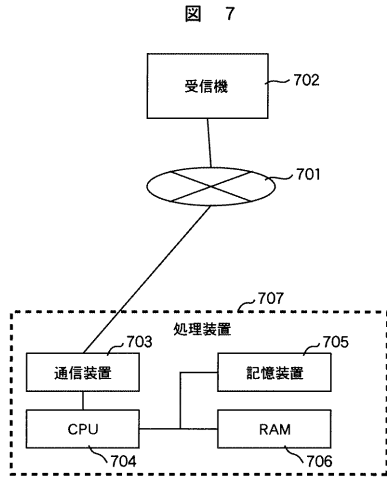
501 NA	502 机	503 壁	504 ロッカー	505 通路
ノートPC 506	40	0	30	30
人 507	20	0	10	70
ディスプレイ 508	50	0	30	20
本 509	25	25	25	25

【図6】

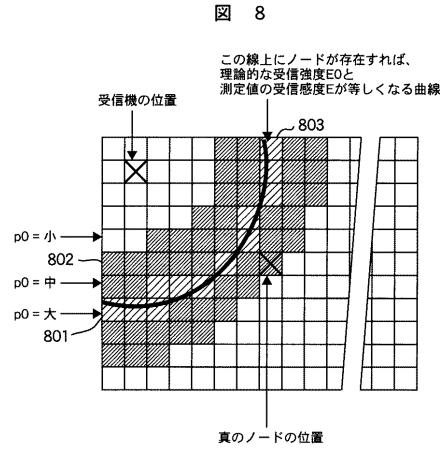
図 6



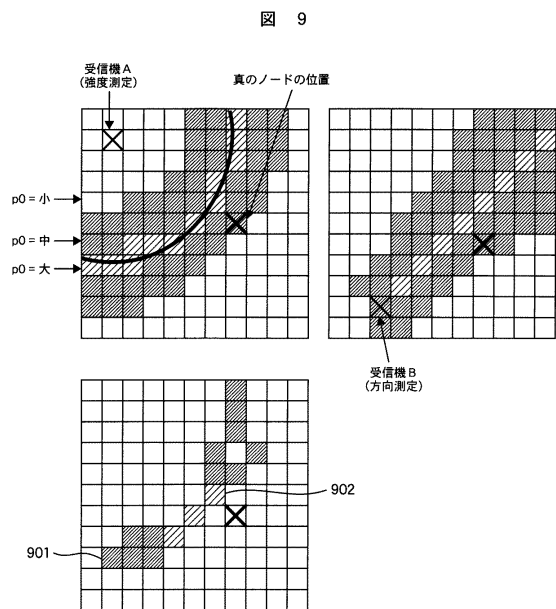
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 4 Q 7/00 5 0 4  
H 0 4 Q 7/00 5 0 5

(56)参考文献 特開2006-258468(JP,A)  
特開2001-313972(JP,A)  
特開2004-112482(JP,A)  
国際公開第2005/011321(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 1 4、  
1 9 / 0 0 - 1 9 / 5 5、  
H 0 4 B 7 / 2 4 - 7 / 2 6、  
H 0 4 W 4 / 0 0 - 9 9 / 0 0