

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4065437号
(P4065437)

(45) 発行日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月11日(2008.1.11)

(51) Int.Cl. F I
GO1S 5/02 (2006.01) GO1S 5/02 Z

請求項の数 33 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2004-90393 (P2004-90393)	(73) 特許権者	500046438
(22) 出願日	平成16年3月25日(2004.3.25)		マイクロソフト コーポレーション
(65) 公開番号	特開2004-325440 (P2004-325440A)		アメリカ合衆国 ワシントン州 9805
(43) 公開日	平成16年11月18日(2004.11.18)		2-6399 レッドモンド ワン マイ
審査請求日	平成18年12月22日(2006.12.22)		クロソフト ウエイ
(31) 優先権主張番号	10/423,093	(74) 代理人	100089705
(32) 優先日	平成15年4月25日(2003.4.25)		弁理士 社本 一夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100140109
早期審査対象出願			弁理士 小野 新次郎
前置審査		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男
		(74) 代理人	100096013
			弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線信号強度を使用する装置位置測定システムのキャリブレーション

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

観測された信号プロパティに従って新しい位置(群)を判定するために用いられるシステムをキャリブレートする方法であって、

識別された位置に関連する信号プロパティを測定すること、および

少なくとも部分的に前記信号プロパティに基づいたカーネル回帰関数であって、キャリブレーションデータの欠落に関わらず、観測された信号プロパティに応じて新しい位置(群)を推定する回帰関数を生成すること、

を含み、

前記カーネル回帰関数は、複数のカーネル関数を含み、各カーネル関数は、観測された信号プロパティのベクトルと格納された信号プロパティのベクトルとの間の差を計算し、格納されたプロパティの前記ベクトルは、測定された信号プロパティの複数のベクトルをクラスタ化しクラスタの重心をカーネルの重心として用いることによって計算されることを特徴とする方法。

10

【請求項2】

前記カーネル関数は、等方性のガウスカーネル関数であることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記回帰関数は、重みおよび基準パラメータをさらに含み、各カーネル関数が、前記基準パラメータに依存し、前記基準パラメータがさらに、

20

複数の前記基準パラメータ値を選択すること、
 基準パラメータ値ごとに、前記基準パラメータ値を用いて前記信号プロパティの第1の部分集合に前記重みを適合させること、
 前記第1の部分集合から独立したものである、信号プロパティの第2の部分集合に対して適合された前記重みを用いて前記回帰関数を評価すること、
 前記信号プロパティの前記第2の部分集合における最小の位置誤差を前記回帰関数が取得する、最良の基準パラメータを選択すること、および
 前記最良の基準パラメータおよび対応する重みを格納すること
 によって決定されること
 を特徴とする請求項1に記載の方法。

10

【請求項4】

前記回帰関数は、重みを含み、前記回帰関数を生成することが、前記重みを調整することによって、前記測定された信号プロパティに前記回帰関数を適合させることを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記重みは、最小二乗法手順によって調整されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記重みは、カーネル行列を計算することによって調整されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

20

【請求項7】

前記重みは、各識別された位置に関連づけられた、位置の不確実性の推定に基づいて調整されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項8】

前記重みは、x位置を計算する複数の重み、およびy位置を計算する複数の重みを含むことを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項9】

前記回帰関数は、前記識別された位置の重心から計算される追加パラメータをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記信号プロパティは、無線送受信機から伝送される無線電波信号に関するものであり、前記信号プロパティは、信号強度を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

30

【請求項11】

前記無線送受信機は、IEEE 802.11標準に従って動作することを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記新しい位置(群)の部分集合は、キャリブレーション時には到達不可能であり、前記到達不可能な位置は、1つの部屋、フロア全体に分散する複数の部屋、および1つのフロアにおいて近くに位置する複数の部屋の少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

40

【請求項13】

無線装置の位置測定システムをキャリブレーションする方法であって、
 少なくとも1つの無線送信装置にアクセスすること、
 前記少なくとも1つの無線送信装置について信号強度データをロギングすること、
 前記信号強度データに基づいたカーネル回帰関数を生成することと
 を含み、
 前記回帰関数は、観測された信号プロパティのベクトルと格納された信号プロパティのベクトルとの間の差を計算するために複数のカーネル関数を含み、前記複数のカーネル関数は、新しい位置(群)を、キャリブレーションデータの欠落に関わらず推定するために用いられ、この方法は、さらに、

50

格納されたプロパティの前記ベクトルを、測定された信号プロパティの複数のベクトルをクラスタ化して、クラスタの重心をカーネルの重心として用いることによって計算することを含むことを特徴とする方法。

【請求項 14】

前記信号強度データは、前記少なくとも 1 つの送信装置の到達範囲内の異なる複数の位置からロギングされることを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

信号プロパティを観測して新しい位置（群）を判定する位置決めシステムであって、識別された位置に関連する信号プロパティを測定する手段と、

キャリブレーションデータの欠落に関わらず信号強度を連続的な位置にマッピングするカーネル回帰関数を生成する手段と、

を備えており、前記カーネル回帰関数は、前記信号プロパティに少なくとも部分的に基づく複数のカーネル関数を含み、観測された信号プロパティと格納された信号プロパティとの差に応じて新しい位置（群）を推定し、格納されたプロパティの前記ベクトルは、測定された信号プロパティの複数のベクトルをクラスタ化しクラスタの重心をカーネルの重心として用いることによって計算されることを特徴とするシステム。

【請求項 16】

観測された信号プロパティを使って新しい位置（群）を判定する位置決めシステムであって、

識別された位置に関連する信号プロパティを測定する測定構成要素と、

前記信号プロパティに少なくとも部分的に基づくカーネル回帰関数を生成することによって、キャリブレーションデータの欠落に関わらず信号強度を連続的な位置にマッピングする回帰構成要素と、

を備えており、前記関数は、観測された信号プロパティデータに基づいて新しい位置（群）を推定し、複数のカーネル関数を含み、各カーネル関数が、観測された信号プロパティのベクトルと格納された信号プロパティのベクトルとの間の差を計算し、格納されたプロパティの前記ベクトルは、測定された信号プロパティの複数のベクトルをクラスタ化しクラスタの重心をカーネルの重心として用いることによって計算されることを特徴とするシステム。

【請求項 17】

前記カーネル関数は、等方性のガウスカーネル関数であることを特徴とする請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記回帰関数は、重みを含み、前記回帰構成要素は、前記重みを調整することによって、前記測定された信号プロパティに前記回帰関数を適合させる適合構成要素を備えることを特徴とする請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記適合構成要素は、最小二乗法構成要素を備えることを特徴とする請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記適合構成要素は、カーネル行列を計算する構成要素を備えることを特徴とする請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記適合構成要素は、各識別された位置に関連づけられた、位置の不確実性の推定を入力として受け取ることを特徴とする請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記重みは、 x 位置を計算する複数の重み、および y 位置を計算する複数の重みを含むことを特徴とする請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記回帰関数は、前記識別された位置の重心から計算される追加パラメータをさらに含

10

20

30

40

50

むことを特徴とする請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 24】

前記信号プロパティは、無線送受信機から伝送される無線信号に関するものであり、前記信号プロパティは、信号強度を含むことを特徴とする請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 25】

前記無線送受信機は、IEEE 802.11 標準に従って動作することを特徴とする請求項 24 に記載のシステム。

【請求項 26】

キャリアレーション時には到達不可能な前記新しい位置(群)の部分集合をさらに含み、前記到達不可能な位置は、1つの部屋、フロア全体に分散する複数の部屋、および1つのフロアにおいて近くに位置する複数の部屋の少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項 16 に記載のシステム。

10

【請求項 27】

請求項 16 に記載のシステムを実装することを特徴とするコンピュータ。

【請求項 28】

信号プロパティを使って新しい位置(群)を推定するシステムをキャリアプレートするコンピュータであって、

識別された位置に関連する信号プロパティを測定する手段と、

前記測定された信号プロパティに少なくとも部分的に基づくカーネル回帰関数を生成する回帰手段と

20

を備えており、前記回帰関数は、複数のカーネル関数を含み、各カーネル関数は、キャリアレーションデータの欠落に関わらず、新しい位置(群)を推定するために、観測された信号プロパティのベクトルと格納された信号プロパティのベクトルとの間の差を計算し、前記開始手段は、

回帰アルゴリズムによって用いられる前記信号プロパティをクラスタ化してクラスタの重心がカーネルの重心と一致するようにする手段をさらに含むことを特徴とするコンピュータ。

【請求項 29】

前記回帰手段は、前記測定された信号プロパティを学習用の組およびテスト用の組に分けるための手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 28 に記載のコンピュータ。

30

【請求項 30】

前記回帰手段は、学習用の組からカーネル行列を生成する手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 29 に記載のコンピュータ。

【請求項 31】

前記測定された信号プロパティは、信号強度を含むことを特徴とする請求項 28 に記載のコンピュータ。

【請求項 32】

観測された信号プロパティに従って新しい位置(群)を判定するために用いられるシステムをキャリアプレートする方法であって、

1つ又は複数の無線装置に関連づけられて識別された位置に関連する信号プロパティを測定することであって、測定された信号プロパティは、観測された信号プロパティであること、および

40

キャリアレーションデータの欠落に関わらず、前記観測された信号プロパティに応じて新しい無線装置に関連づけられた新しい位置(群)を推定する回帰関数を生成することを含み、

前記回帰関数は、複数のカーネル関数を含み、各カーネル関数は、測定された信号プロパティの複数のベクトルをクラスタ化しクラスタの重心をカーネルの重心として用いることによって、観測された信号プロパティのベクトルと格納された信号プロパティのベクトルとの間の差を計算することを特徴とする方法。

【請求項 33】

50

観測された信号プロパティに従って新しい位置(群)を判定するために用いられるシステムをキャリブレーションする方法であって、

ポータブルコンピュータを利用する1つ又は複数の無線装置に関連づけられて識別された位置に関連する信号プロパティを測定することであって、測定された信号プロパティは、観測された信号プロパティであること、および

前記ポータブルコンピュータ上の回帰関数であって、前記観測された信号プロパティに応じて新しい無線装置に関連づけられた新しい位置(群)を推定する回帰関数を生成すること

を含み、

前記回帰関数は、複数のカーネル関数を含み、各カーネル関数は、測定された信号プロパティの複数のベクトルをクラスタ化しクラスタの重心をカーネルの重心として用いることによって、観測された信号プロパティのベクトルと格納された信号プロパティのベクトルとの間の差を計算することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、IEEE 802.11装置に関し、より詳細には、無線信号強度を用いる無線装置の位置決めに関する。

【背景技術】

【0002】

建物内部のユーザおよび装置の位置を知ることは、ロケーションベースのサービスおよびユビキタスコンピューティングの側面にとって重要な必要条件である。位置判定に対する1つの有望な手法は、無線装置のIEEE 802.11無線信号強度の測定による三角測量を介するものである。IEEE 802.11ロケーションベースシステムの最も魅力的な特徴の1つは、多くの建物に既に存在する無線ネットワーク以外の追加基盤を必要としないことである。このことは、追加の機器の設置および保守を必要とする、能動的/受動的なバッジおよびカメラを利用する他の人物追跡システムとは対比的である。

【0003】

802.11無線クライアントを位置センサとして(たとえば、ポータブルコンピュータを受信機として)使うことは、ロケーションベースのサービスを可能にする方法としてますます一般的になっている。複数のアクセスポイント(AP)からの信号強度の三角測量を用いて、受信装置の位置を数メートルの範囲まで正確に示すことができる。ただし、このレベルの正確さは、信号強度の、空間的に高密度なキャリブレーション(calibration)データを位置に応じて取得するために、単調で時間のかかる手作業を必要とするという代償を払って得られる。

【0004】

いくつかの異なるAPからのネットワーククライアントに関する無線信号強度の測定結果を知った上で、研究者達は、どのようにして位置を数メートルの範囲まで計算するか示している。このタイプの位置測定は、特に興味を引くものである。というのは、この測定は建物の既存の装置およびそのユーザを利用するからであり、GPS(全地球位置発見システム)およびセル電話の位置信号がしばしば不調となる屋内でも機能するからである。しかし、このようなシステムの正確さは通常、厳密なキャリブレーション手順に依存し、この手順は、建物内部の多数の異なる既知の位置、および異なる方向に無線クライアント受信機を物理的に移動することから成り立つ。このような作業に誰かが資源を費やすことを期待するのは、しばしば現実的でない。新製品の役割としてこのような期待が示されると、ソフトウェア製品のプランナはしばしば躊躇し、システム管理者がプリンタの位置を更新し続けることさえしようとせず、ましてIEEE 802.11信号強度の高分解能テーブルを作成し維持することなどないと不満を言う。

【0005】

手作業によるキャリブレーションに対する1つの代案は、建物のフロア計画、無線周波

10

20

30

40

50

数 (RF) 伝播の物理的なシミュレーション、および無線アクセスポイントの位置に関する知識に基づき、分析によって信号強度を予測することである。選択されたシミュレーション方法について、信号強度を物理的にシミュレートすることにより、手作業によるキャリブレーションによって取得される値よりも中央値の位置の誤差が約 46% (2.94メートルから 4.3メートルまで) 増したことが判っている。さらに、優れた物理的シミュレーションは通常、一般に利用可能となっているよりも詳細な建物モデルを必要とする。

【0006】

IEEE 802.11 の位置決め領域において、公表された 1 つの研究は、RADAR システム、すなわち室内 RF ベースの位置決めおよび追跡システムに基づくものであった。RADAR は、屋内の位置および対応する信号強度のテーブルに基づいて動作する。手作業でキャリブレーションされたテーブルを用いることによって、最近傍 (nearest neighbor) アルゴリズムによって、中央値の空間的な誤差が約 2.94メートルになった。シミュレートされた電波伝播に基づく別のテーブルは、中央値の誤差が 4.3メートルまで増加する代償と引き換えに、キャリブレーション動作のほとんどを回避することを可能にする。RADAR の研究は、キャリブレーション作業を減らすという問題にも目を向けていた。キャリブレーションポイントの数を 70 から 40 まで減らしても、正確さに与える悪影響はわずかであることがわかった。その後の研究において、RADAR は、建物を通る短い経路上ではピタビに似たアルゴリズムを使うように改良された。この結果、中央値の誤差はさらに約 2.37メートルまで減少した。

【0007】

カーネギーメロン大学の Andrew システムの一部として、IEEE 802.11 の位置決めシステムの限られた調査が、廊下における 8 か所の別々の位置を用いて実施された。信号強度対位置のテーブルが構築された。8 か所の位置に戻ると、システムは以前の位置を 87.5% 正しく推測したと判定された。

【0008】

別の位置決めサービスは、より一般的に用いられている未加工の信号強度ではなく、信号対ノイズの比率を用いるものであった。位置決めアルゴリズムは、2 つの建物内の別々の位置において手作業で学習を行ったベイズのネットワークであった。ベイズの定式化により、位置の間の遷移確率と同様に、人間の位置の事前確率 (priori probabilities) を含めることが可能になった。廊下の 12 か所の位置に対する 1 度のテストでは、要領を得なかった時の 15% を計算からはずすと、サービスは最高で 97% の確率で以前の位置を正しく識別することができた。

【0009】

さらに別の研究では、IEEE 802.11 を用いて、屋内および屋外の両方においてワイヤレス Pocket PC の位置を計算している。手作業によるキャリブレーションではなく、信号強度に応じて無線アクセスポイントまでの距離を近似する公式が用いられた。山登り (hill climbing) アルゴリズムを用いることによって、システムは、複数のアクセスポイントからの信号強度を使って位置を約 10メートル (約 35 フィート) の範囲まで計算する。

【0010】

IEEE 802.11 位置決めシステムのさらに別の研究では、ベイズの推論法および隠れマルコフモデルが使われた。信号強度だけではなく、所与の位置からのアクセスポイントの見通しの確率も考慮に入れられた。他の研究と同様に、これも手作業によるキャリブレーションに基づくものであった。システムは、方向を明確にモデル化し、廊下で約 1.5メートルおきにとられたキャリブレーションサンプルを用いて約 1メートルという中央値の空間的な誤差を達成した。正確さという点ではこれはおそらく最高の結果であるが、この研究では、キャリブレーション作業の問題も認識しており、キャリブレーションに加速度計および磁気コンパスを備えさせることによって、キャリブレーションした位置を自動的に推測することができると提案している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

上述した従来システムのいくつかは明らかに、さらに正確さを達成するように作用しているが、それと引き換えにキャリブレーション作業が増加している。

【課題を解決するための手段】

【0012】

以下では、本発明のいくつかの態様の基本的な理解を提供するために、本発明の簡略化した要約を表す。この要約は、本発明の包括的な概要ではない。本発明の主要な/不可欠な要素を識別することも、本発明の範囲を詳述することも意図していない。後で提示するより詳細な説明の前置きとして、本発明のいくつかの概念を簡略化した形で提示することだけを目的としている。

10

【0013】

本明細書で開示し特許請求する本発明は、その一態様において、所与の位置での無線信号強度の点から厳密に三角測量された位置を判定するのに使われるシステムを粗くキャリブレートするための、IEEE 802.11ロケーションベース技術を含む。このキャリブレーション技術は、キャリブレーションデータまたは利用可能な最低限のデータの欠落に関わらず、十分に正確な位置情報を信号強度に応じて生じさせる回帰関数に基づいている。

【0014】

部屋は建物内の自然な空間基準なので、手作業によるキャリブレーションがある期間主要な方法であると仮定すると、本発明のアーキテクチャは、(たとえば、建物の各部屋の中の任意の一地点または地点の組から、または各部屋内部のより精密な位置から)部屋単位(room resolution)の範囲で信号強度を記録する、比較的容易なキャリブレーション手順に基づいた新しいIEEE 802.11の位置決めシステムを開示する。開示する位置決めアルゴリズムは、欠けているキャリブレーションデータ、すなわち、1つの部屋、部屋の組、またはさらに建物の棟が到達不可能なために取得することができないデータに関わらず動作するように設計される。回帰アルゴリズムは、建物内の既知の位置からの1組の信号強度をとり、信号強度を(x, y)の位置にマッピングする関数を生成する。次いでこの関数を使用して、新しい位置(群)を推定することができる。表現および計算するのが簡単な動径基底関数を、回帰のために使用する。

20

30

【0015】

アルゴリズムが信号強度上で回帰して位置を提供するという事実は、キャリブレーション中に部屋をスキップし、それでもそれらの部屋の中の位置を評価することを可能にする。このことは、以前見ることでできた位置にのみ信号強度を分類しなければならないという従来ほとんどのIEEE 802.11位置決めアルゴリズムではもっと困難である。キャリブレーションデータを減らすと正確さが低下するが、その低下は驚くほどわずかである。その結果、正確さと作業の間の妥協点が定量化され、こうした手作業でキャリブレートするタイプのシステムのための規範を提案する。

【0016】

一実施形態では、より厳密な位置測定方法を提供し、この方法において、キャリブレーションは、測定すべき位置にある一地点に受信機を配置し、その単一の受信機位置に基づいて信号プロパティを測定することによって達成される。ユーザは、測定される位置に係る受信機の位置を示す地図上に受信機のおおよその位置を選択する。さらに、最後に計算された10個の(x, y)位置を平均化してノイズをさらに減らす平均化関数が提供される。

40

【0017】

正確性が劣る第2の実施形態では、ユーザは、いくつかのキャリブレーションポイントで測定結果をとる間に、受信機をたとえば部屋の中のおちこちの位置へと移動させる。したがって、受信機の正確な位置はわからない。測定が行われたとき、部屋の中のどこに受信機が置かれていたとしても、キャリブレーションにおいては、受信機の位置が部屋の(

50

x, y) 重心 (centroid) とみなされる。

【0018】

上記の目的および関連する目的を達成するために、本発明の例示的な態様を、本明細書において以下の説明および添付の図面に関連して説明する。ただし、こうした態様は本発明の原理を利用することができる様々な方法のいくつかを示すに過ぎず、本発明は、このようなすべての態様およびその等価物を含むことを意図する。本発明の他の利点および新規の特徴は、本発明の以下の詳細な説明を図面と併せ読むことにより、明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

ここで図面を参照して本発明を説明するが、同じ参照番号は、全体を通して同じ要素を指すのに使われる。以下の説明では、説明のために、多くの具体的な詳細を、本発明の完全な理解を提供するために述べる。ただし、こうした具体的な詳細なしでも本発明を実施できることが明らかであろう。他の例では、本発明の説明を容易にするために、公知の構造および装置をブロック図の形で示す。

【0020】

本適用範囲で使う「構成要素」および「システム」という用語は、コンピュータ関連のエンティティ、すなわちハードウェア、ハードウェアおよびソフトウェアの組合せ、ソフトウェア、または実行中のソフトウェアのいずれかを指すことを意図している。たとえば、構成要素は、プロセッサ上で実行されている処理、プロセッサ、オブジェクト、実行ファイル、実行スレッド、プログラム、および/またはコンピュータでよいが、それに限定されない。実例として、サーバ上で実行されているアプリケーションおよびそのサーバ両方がコンピュータ構成要素となることができる。1つまたは複数の構成要素が実行の処理および/またはスレッド中に常駐することができ、構成要素は、1台のコンピュータに配置することも、かつ/または2台以上のコンピュータの間に分散することもできる。

【0021】

本明細書で使用する「推測」という用語は概して、イベントおよび/またはデータを介して収集された1組の観測結果から、システム、環境、および/またはユーザの状態について推論し、あるいはその状態を推測する処理を指す。推測は、特定の状況または動作を識別するのに利用することができ、あるいは、たとえば状態の確率分布を生成することができる。推測は、確率的であり得る。すなわち、データおよびイベントを考慮して、対象状態の確率分布を計算する。推測は、1組のイベントおよび/またはデータからより高レベルのイベントを構成するために利用される技術を指す場合もある。このような推測の結果、イベント同士に一時的に極めて近接した相互関係があるかどうか、また、イベントおよびデータが1つまたはいくつかのイベントソースおよびデータソースからのものであるかどうかに関わらず、観測された1組のイベントおよび/または格納されたイベントデータから新しいイベントまたは動作が構成される。

【0022】

開示するキャリブレーションアーキテクチャは、空間的な正確さをわずかに低下させるだけで、キャリブレーション作業を大幅に減らすことができる根拠を裏付けする。このことは、実施における最も困難な障害の1つを効果的に軽減し、IEEE 802.11のロケーションベース測定技術の採用を拡大する。

【0023】

ここで図1を参照すると、信号特性に基づいて新しい位置(群)を判定する、本発明のシステムのためのキャリブレーション手順の外形を示してある。こうした新しい位置(群)は、領域100内部にあることが求められる。領域100は、建物、建物のフロア、あるいは1つまたは複数の送信機110による受信可能範囲をもつ他の任意の領域でよい。送信機110は、領域100の内部および外部に配置することができる。位置決めシステムが少なくとも(x, y)の位置を判定するためには、領域100内でその信号特性を測定することができる少なくとも3つの送信機110がなければならない。こうした送信

10

20

30

40

50

機 1 1 0 は、必須ではないが、たとえば、ネットワーク上に配置されたアクセスポイント (A P) 送受信機とすることができる。ただし、ここでの説明においては、「送信装置」という語句および「送信機 (群) 」という用語は、ネットワーク上に配置されたあるいは配置されていない、および信号を送信する任意の装置を含むものと理解されたい。

【 0 0 2 4 】

領域 1 0 0 は区画 1 2 0 に分けられ、区画 1 2 0 は、たとえば建物内の部屋、廊下、またはラウンジを含むことができ、したがって大きさは可変でよい。あるいは区画 1 2 0 は、部屋の中の特定の位置でよい。送信機 1 1 0 は、区画 1 2 0 内に配置されている必要はない。さらに、区画 1 2 0 に分割されない領域 1 0 0 の追加区域があってもよい。

【 0 0 2 5 】

区画 1 2 0 は、1 つまたは複数のキャリブレーションポイント 1 3 0 を含むことができる。キャリブレーション中に、すべてのキャリブレーションポイント 1 3 0 に受信機 1 4 0 が順次置かれていく。各キャリブレーションポイント 1 3 0 ごとに、受信可能なすべての送信機 1 1 0 の 1 つまたは複数の信号特性が記録される。一実施形態では、送信機 1 1 0 は、 I E E E 8 0 2 . 1 1 標準に準拠する送受信機であり、信号特性は、キャリブレーションポイント 1 3 0 で測定される送信機 1 1 0 の信号強度である。また、各キャリブレーションポイント 1 3 0 ごとに、対応する区画 1 2 0 の識別が記録される。対応する区画 1 2 0 の識別は、たとえば地図から区画を選択するユーザによって指示されてもよい。すべての区画 1 2 0 の空間的位置も、キャリブレーションに必要とされる。こうした空間的位置は、各区画 1 2 0 の空間的な広がり重心とすることができる。

【 0 0 2 6 】

別の実施形態では、各区画 1 2 0 ごとに唯一のキャリブレーションポイント 1 3 0 がある。キャリブレーションポイント 1 3 0 は、各区画 1 2 0 内部の既知の位置にある。次いで信号特性が複数回測定され、その間、受信機 1 4 0 は唯一のキャリブレーションポイント 1 3 0 に適当な順序で循環させられる。区画 1 2 0 の空間的位置は、キャリブレーションポイント 1 3 0 の空間的位置とみなされる。

【 0 0 2 7 】

さらに別の実施形態では、各区画 1 2 0 ごとに複数のキャリブレーションポイント 1 3 0 がある。これらのキャリブレーションポイント 1 3 0 は、区画 1 2 0 全体に散在するように選択される。信号特性は、各キャリブレーションポイント 1 3 0 ごとに 1 回または複数回測定することができる。区画 1 2 0 の空間的位置は、区画 1 2 0 の重心とみなされる。

【 0 0 2 8 】

実施形態のいずれでも、動作 1 5 0 で、信号特性はすべてのキャリブレーションポイント 1 3 0 で受信機 1 4 0 によって測定され、すべての区画 1 2 0 にある空間的位置が集められる。次いで動作 1 6 0 で、このデータに対して回帰が実施される。回帰は、集められたデータに対して作用し、回帰関数を作成し、動作 1 7 0 で示すように、次にこの回帰関数を使用して、新しく測定された信号特性に基づいて領域 1 0 0 全体において新しい位置 (群) を推定することができる。使うことができる。これらの新しい位置 (群) は、キャリブレーションポイント 1 3 0 にある必要はない。実際、こうした位置は、区画 1 2 0 内にさえある必要はなく、キャリブレーション時に到達不可能な位置に現れることができる。

【 0 0 2 9 】

ここで図 2 を参照すると、本発明による全体的なキャリブレーション処理のフロー図を示してある。説明を簡単にするために、図 2 の方法、および、たとえばフロー図の形の後續のどの方法も一連の動作として示し説明するが、本発明は動作の順序に限定されないことを理解されたい。というのは、いくつかの動作は、本発明によると、異なる順序で起こることもでき、かつ / または本明細書で示し説明する他の動作と同時に起こることもできるからである。たとえば、方法は代替的には、状態図など一連の相互に関連した状態またはイベントとして表すことができることが当業者には理解されよう。さらに、図示したす

10

20

30

40

50

すべての動作が、本発明による方法の実装に必要なわけではない。

【0030】

200で、受信機は、キャリアレーションポイント130に移動される。次いで202で、受信機の空間的位置が記録される。空間的位置の情報の記録は、各キャリアレーションポイントで実施する必要はないが、区画120のキャリアレーション中に一度だけ記録できることに留意されたい。受信機は次いで、204で示すように、その位置の1つまたは複数の送信機の信号強度を測定し記録する。206で、それ以外のキャリアレーションポイント130における信号強度を測定しなければならない場合、フローは200に戻って受信機を次のキャリアレーションポイント130に移動させ、そのキャリアレーションポイント130に対して測定および記録処理を続ける。他のキャリアレーションポイント130を測定しなくてよい場合、フローは206から208に進んで、回帰関数を作成する。この回帰関数は、回帰を介して学習を行う。学習用の組は、キャリアレーションポイント130および区画120の空間的位置で測定される信号強度を含む。次いで、領域100全体での信号強度に応じて (x, y) 座標における位置を提供する回帰関数が決定される。あるいはまた、領域100が建物の複数のフロアに渡る場合、回帰関数は (x, y, z) 座標を提供することができる。

10

【0031】

ここで図3を参照すると、新しい位置(群)を判定する処理のフロー図を示してある。300で、受信機は、新しい位置がある大体の区域に移動される。この位置は、以前調査を行った位置でもあっても、初めて調査を行う位置であってもよい。次いで、302で示すように、信号強度が測定され記録される。信号は、領域100に関連づけられたどの送信機からも受信することができる。304で、受信機によって302で測定された信号強度に基づいて領域100内部の新しい位置(群)を推定するのに回帰関数が使用される。処理は次いで、停止ブロックに到達する。

20

【0032】

アルゴリズム

ここで図4を参照すると、本発明による、信号強度から (x, y) 位置へのマッピングを決定する処理のより詳細なフロー図を示してある。400で、すべての区画120からの信号強度ベクトルが、K個のクラスタにクラスタ化される。402で、すべての信号強度ベクトルが、ベクトルの学習用の組およびテスト用の組に分けられる。404で、試していないシグマ (σ) の値が選択される。406で、カーネル行列が学習用の組から作成される。408で、線形システムが、アルファ (α) およびベータ (β) の係数について解かれる。410で、シグマ (σ) 、アルファ (α) 、およびベータ (β) の値が保存される。412で、シグマ (σ) 、アルファ (α) 、およびベータ (β) の値が、方程式(2)および(3)を用いて、テスト用の組で評価される。414で、最後のシグマ (σ) に到達したかどうか判定する。到達していない場合、フローは404の入力に戻って、試していない別のシグマ (σ) を選択する。到達している場合、フローは416に進んで、最良のシグマ (σ) 、アルファ (α) 、およびベータ (β) を保存する。

30

【0033】

以下で、アルゴリズムおよび関連する方程式を詳細に説明する。

40

【0034】

以下で説明する数学的処理の理解を容易にするために、キャリアレーション信号強度の読取り結果の各組は、ベクトル s_i で指定され、 i は、実質的にすべての部屋の位置における、実質的にすべてのキャリアレーションベクトルに索引をつける。各キャリアレーションベクトルは、そのベクトルが捕捉された位置を与える、対応する (x_i, y_i) をもつ。この位置は、区画120の空間的な広がり重心でも、受信機が置かれているどの場所でもよい。各信号強度ベクトル s_i は、複数の要素、すなわち領域100内で受信可能な各送信機ごとに1つの要素を有する。キャリアレーションポイント130で感知されなかった送信機に対応する、 s_i 中の要素には、実験を通して見ることでできた最小信号強度より1つ低い値が与えられている。信号強度は、WRAP I (Wireless Research Ap

50

plication Program Interface) ライブラリから dBm 単位の整数として戻される。ここで $\text{dBm} = 10 \log_{10} (\text{ミリワット})$ である。

【0035】

IEEE 802.11 に基づく従来の多くの位置決め研究では、位置測定タスクを分類問題として系統立てて説明しており、その目標は、信号強度ベクトルを別々の位置の組に分類することである。これは、確率的定式化を含み、すべての潜在的な位置に関する 1 組の確率が分類結果に与えられる。ただし、分類の定式化は、キャリブレーション段階に特定の部屋を完全にスキップするという目標には適していない。学習を行った分類装置 (classifier) は、ある部屋を見たことがなければ、その部屋から発信されたものとしてデータを分類することはない。

10

【0036】

むしろ、本発明は、回帰を使って、信号強度ベクトル (群) を位置にマッピングする回帰関数を形成する。したがって、本発明は、キャリブレートされたことがない新しい位置に信号強度ベクトルをマッピングすることができる。依然として (回帰ではなく) 分類が所望される場合、後処理検査を行って、もしあれば、どの部屋が推定された位置を含むか判定することができる。

【0037】

以下で、図 1 の実施形態に従って測定された信号強度をどのようにして使って、信号強度ベクトルに応じて位置を与える回帰関数を生成するか説明し、その後でキャリブレーションベクトルの数を原則に基づいて減らし、キャリブレーションデータ量の削減が位置測定の正確さにどのように影響するか調べる。

20

【0038】

回帰は、キャリブレーションベクトル s_i および対応する部屋座標 (x_i, y_i) に関数を当てはめる。本発明では、以下の公式を介して新しい位置 (群) を推定するカーネル回帰を使用する。

【0039】

【数 1】

$$x(s) = c_x + \sum_{j=0}^{M-1} \alpha_j K(\|s - s_j^*\|) \quad \text{および} \quad (1)$$

30

$$y(s) = c_y + \sum_{j=0}^{M-1} \beta_j K(\|s - s_j^*\|)$$

【0040】

上式において $K(r)$ は選択されたカーネル関数であり、

【0041】

【数 2】

$$s_j^*$$

【0042】

は選択されたカーネル関数の重心であり、 α_j および β_j は、キャリブレーションデータに基づく計算された重みである。観測された信号強度ベクトル s と格納された信号強度ベクトル

40

【0043】

【数 3】

$$s_j^*$$

【0044】

の間のユークリッド距離 r は、

【0045】

50

【数4】

$$\|S - S_j^*\|$$

【0046】

によって示される。オフセット (c_x, c_y) は、機械学習の分野において公知であるように、いくつかの方法で計算することができる。一実施形態では、オフセットは、簡単には学習用データの重心、すなわち

【0047】

【数5】

$$(c_x, c_y) = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=0}^{N-1} X_i, \sum_{i=0}^{N-1} Y_i \right) \quad (2)$$

10

【0048】

であり、上式において、Nはキャリブレーションベクトルの数である（本明細書で提供する適用例では、この数は28, 114である）。

【0049】

図1の実施形態では、カーネル関数は、等方性のガウスカーネル関数：

【0050】

【数6】

$$K(r) = \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

20

【0051】

であるように選択され、上式において、 σ は半径であり、 r はユークリッド距離

【0052】

【数7】

$$\|S - S_j^*\|$$

【0053】

である。

30

【0054】

こうしたカーネル関数の選択はまた、基準パラメータであるシグマ (σ) の選択を必要とし、これについては後で説明する。さらに、M個のカーネル重心

【0055】

【数8】

$$S_j^*$$

【0056】

の選択についても後で説明する。

【0057】

40

本発明では、最小二乗法を使って、キャリブレーションデータに基づいて重み α_j および c_j を計算する。 c_j (x 座標向け) を計算するために、キャリブレーションデータと $x(s_i)$ の間の二乗された誤差が以下の式で最小にされる。

【0058】

【数9】

$$\text{err} = \sum_{i=0}^{N-1} \left(X_i - c_x - \sum_{j=0}^{M-1} \alpha_j K_{ij} \right)^2 \quad (4)$$

【0059】

上式において、

50

【 0 0 6 0 】

【 数 1 0 】

$$K_{ij} = K(\|s_i - s_j^*\|)$$

【 0 0 6 1 】

である。 j に対する最小化により、ベクトル $a = (0, 1, \dots, M-2, M-1)^T$ に対して解くことができる線形方程式：

$$K^T K a = K^T x \quad (5)$$

が得られる。ここで、 K は K_{ij} の $N \times M$ の行列であり、 $x = (x_0 - c_x, x_1 - c_x, \dots, x_{N-2} - c_x, x_{N-1} - c_x)^T$ である。同じように、 j は、 $K^T K = K^T x$ から取得される。

10

【 0 0 6 2 】

$K^T K$ は $M \times M$ の大きさであり、 M は格納された信号強度ベクトルのうち選択された数であることに留意されたい。 $K^T K$ はカーネル行列である。可能な1つの選択は、各キャリブレーションポイント s_i を、格納された信号強度ベクトルとして働かせ、 $M = N$ とすることである。27, 000 より大きい M (図1の実施形態で使うように) を使って方程式(5)を解くには、コンピュータによる非常に多くの計算が必要である。さらに、 $M = N$ のときに作成された回帰関数は、キャリブレーションポイント130の間で円滑に一般化することができない。その代わりに、信号強度のキャリブレーションベクトルを各位置においてクラスタ化し、クラスタの重心を、カーネルの重心として用いた。標準的な k 平均アルゴリズムを用いて、各部屋における $k = 5$ の信号強度クラスタを計算すると、その結果、700個未満のカーネル重心が、検査フロアにあるすべての118部屋を表すことになる。

20

【 0 0 6 3 】

キャリブレーションポイント130の位置が不確実であることがわかっている場合、方程式(4)の各項は、対応するキャリブレーションポイントの不確実性の分散の逆数によって、重みづけすることができる。当該分野において、これは不均一分散(heteroscedastic)回帰として知られる。

【 0 0 6 4 】

唯一残されている選択は、基準パラメータに関するものであった。単純な線形探索を、のとり得る値に対して実施した。各候補ごとに、重み a および b を、最初にキャリブレーションデータの70%を使って計算した。先ほどのデータとは異なる残りの30%を使って候補を評価した。システムは、 (x, y) における rms 距離の誤差が最も小さい (x, y) を選んだ。の計算用に70/30の割合で分割するにもかかわらず、100%のキャリブレーションデータを、カーネルの中心用にクラスタ化を行うのに使った。

30

【 0 0 6 5 】

先に示したように、任意選択のステップは、最後のいくつかの位置の結果を共に平均化し、ノイズを低下させることである。最後の10個の (x, y) の結果は、共に平均化された。

【 0 0 6 6 】

上述したように、学習用データとは別個に、テスト用ベクトルの第2の組を数日間とった。区画120ごとに1つのキャリブレーションポイント130がとられる実施形態を用いると、第2の組は合計で、テスト用データとして働く25, 457個の読取り結果となった。このデータをテストするとき、カーネル回帰方法は、約3.75メートルの rms 誤差を生じた。 rms 誤差の計算は、当該分野において公知であり、従ってここには示さない。

40

【 0 0 6 7 】

適用例

先に示したように、本発明の位置決めアルゴリズムは、既知の部屋の位置からとられた信号強度の学習用データの回帰に基づいて作用する。

50

【 0 0 6 8 】

ここで図5を参照すると、本発明のキャリブレーション処理の適用例に使用される、部屋502を含む一般的なオフィスのフロア500の配置図を示してある。フロア500は、132室の部屋502を含み、そのうち118は到達可能であった。フロア500の面積は約2,680平方メートルである。フロアを領域100とみなした。建物のフロア地図は、ポリゴン表現およびビットマップ両方として抽出された。すべての地図の座標は、実際のフロア座標としてメートルで表した。アルゴリズムは、118室の異なる部屋を有する1つのフロア500において評価された。

【 0 0 6 9 】

キャリブレーション作業の問題を調べると、各部屋においてほとんど時間が費やされなかったかのように、あるいは特定の部屋がスキップされたかのように、キャリブレーションデータの量が削減された。より広い部屋、たとえば会議室ではより多くの受信機位置が使われたので、118室の部屋は137の区画に分割された。受信機位置は、後述する図6に示したインターフェースを介して地図を使用して位置選択を行うことによって記録された。結果は、19.5平方メートルごとにキャリブレーション位置を示した。キャリブレーションのために、到達可能な各区画には、無線接続された受信機、たとえばログ記録プログラムを実行しているポータブルPCが入れられた。ログ記録プログラムは、WRAP Iインターフェースを使って、目に見えるすべてのIEEE 802.11送信機から信号強度を取得した。受信機は、各位置において約60秒間信号を測定した。さらに、受信機は、いくつかの異なった方向に向けられ、配向効果を要因から除いた。3.4 Hzの走査レートが用いられ、各位置ごとに約200回の走査が行われた。各走査により、無線アクセスポイントの信号強度およびMAC(メディアアクセスコントローラ)アドレスの組を得た。平均して、無線通信インターフェースは、いつでも3.9個のAPを「見る」ことができた。先に示したように、信号強度読取り結果の第1の組は合計で27,796個であり、第2の組は、テスト用データとして働くように数日後にとられたものであり、合計25,457個であった。

【 0 0 7 0 】

ノイズを低減し正確さを増す手段として、計算された位置ベクトルに平均化実行フィルタを適用した。フィルタは、サンプル10個分の長さであり、3.4 Hzの走査レートで約2.9秒の遅延を含む。

【 0 0 7 1 】

時間を短くした影響をテストするために、キャリブレーションデータの最初のs秒を、同じ学習アルゴリズムを用いて処理し、次いでテスト用の組全体を用いてテストした。各位置において10秒しか時間を費やさなかった場合でさえ、正確さに重大な影響はなかった。10秒で、rms誤差は60秒の場合のrms誤差から約12%(すなわち0.45メートル)しか増加しなかった。3.4 Hzのデータレートでは、10秒分のデータは、34個の信号強度ベクトルのみを生じた。このことは、キャリブレーション中に各位置で長い時間を費やす必要はないことを示す。

【 0 0 7 2 】

キャリブレーション位置の数を、137か所の位置の元の完全な組から元の10%まで削減することによる影響をテストした。元のキャリブレーションの組からkか所の位置を選ぶために、元の位置においてk平均アルゴリズムを実行し、Kクラスタを作った。Kクラスタの重心に最も近いkか所の元の位置をキャリブレーション用に選んだ。判定を行うと、位置の数が減るのに従ってrms誤差が上昇した。しかし、位置の数が50%でも、rms誤差は20%(0.74メートル)しか上昇せず、位置の数が20%では、誤差は42%(1.59メートル)上昇した。元の位置の数の10%で、rms誤差は9.19メートルであり、100%での最良の結果より145%(5.44メートル)の上昇となった。したがって、このことは、キャリブレーションポイントのより密集した組に移ることに對して著しく減少する利益(diminishing return)があることを示す。この実験は、ある空間においてキャリブレーションポイントを、密集した組、たと

10

20

30

40

50

えばすべての部屋の重心から開始して選び、k平均を使ってその組を代表的な下位サンプルにクラスタ化する方法も提案している。

【0073】

さらに、正確さを少し低下させるだけで、各位置で費やされる時間および位置の数の両方を大幅に削減することができる。たとえば、40%に相当する位置で30秒を費やしても、rms誤差は約21%(3.75メートルから4.55メートルまで)しか上昇せず、さらにキャリブレーション作業は半分以上も減らされる。

【0074】

ここで図6を参照すると、キャリブレーションデータの、信号強度のログ記録を容易にするグラフィカルユーザインターフェース(GUI)600の例示的なスクリーンショットを示してある。GUI600は、フロア500およびそこにある部屋のフロア画像表現602の表示を容易にする。ユーザは、マウス、キーボード、または他の従来の入力装置を介してフロア表現602から部屋を選択することによって、受信機の位置を示す。さらに、信号強度サブウィンドウ604が提示されており、このウィンドウには、近くの送信機からの測定された信号強度の表現を表示する信号強度インディケータ作図605が提示される。たとえば、第1のバー606は、キャリブレーション中の現在のフロアにある送信機から信号が受信されたことを示す第1の色または塗りつぶしパターンを含む。バー606に関連づけられるのは、データ608であり、このデータは、信号強度データ、部屋が位置するフロア、および送信機の部屋番号(すなわち、113/3/3327)を示す。この具体的な例において、送信機は、3階フロア(3)の建物番号(113)、部屋番号3327(画像として610でも示す)にあった。

【0075】

第2のバー612は、キャリブレーション中の現在のフロア以外のフロアにある送信機から受信された測定結果を示すのに使うことができる。バー612は、建物113の4階のフロアにある部屋4327である部屋113/4/4327に関連づけられる。GUIは、このようなインターフェース特徴を提供するために一般的に利用可能な、点滅するバー、およびテキスト、音声出力信号などを含む信号を測定するために、非常に様々な画像応答を提供するようにプログラムすることができることを理解されたい。

【0076】

インターフェース600は、ユーザが、地図拡大サブウィンドウを介してフロアの地図を拡大すること、およびフロア選択サブウィンドウを介してキャリブレーションのためのフロアを選択することを可能にする、位置入力サブウィンドウ614も含む。

【0077】

インターフェース600は、信号検出用の走査レート(ヘルツ)を選択する走査制御サブウィンドウ616をさらに含む。ユーザは、ロギングのパスフィールド618を介して、受信装置上の位置にデータのログ記録を指示することもできる。ユーザは、対応するネットワークパスをパスフィールド618に入力することによって、リモートネットワークストレージロケーションを選択することもできる。入力が行われると、指定されたファイル位置にすべてのデータが自動的に格納される。

【0078】

一見したところ、位置決めシステムに対する約3.75メートルというrms誤差は、第1の従来の実験において約2.94メートル、または第2の従来の実験に対しては約1メートルの中央値誤差を得ていた、以前に行われていた従来の研究よりもはるかに悪いように思われる。しかし、こうした従来システムはどちらも、はるかに多くのキャリブレーション作業を必要としていた。第1の従来の実験は、70か所のキャリブレーションポイントを有する約54室の部屋の外側の廊下を含んでいた。第2の従来の実験は、約1.5メートル(5フィート)離れたキャリブレーションポイントを有する廊下を含んでいた。対象的に、開示した例では、重心から重心へ平均約2.85メートルで間隔を開けた部屋にある、部屋ごとに1か所のキャリブレーションポイントを使った。他の作業でも、キャリブレーションポイントの位置が確実にわかるようにするのに非常に多くの注意を払っ

10

20

30

40

50

た。上述した第1および第2の従来の実験は、注意深いキャリブレーションによって達成できることを示しているが、開示した方法は、現実的なキャリブレーションによって達成できることを示す。

【0079】

IEEE 802.11に基づく位置決めシステムの採用に対する1つの障害は、キャリブレーション作業である。開示した例では、建物の1つのフロアにある118部屋をキャリブレーションするのに、約4時間を費やした。これだけの量のキャリブレーションが本当に必要かどうか知ることが望ましい。具体的には、各部屋に費やす時間を減らし、訪問する部屋の数減らすことによる影響を評価することが望ましい。元の学習用データの部分集合に対する学習により、時間および部屋の数減らすことによる影響をシミュレートした。

10

【0080】

要するに、IEEE 802.11に基づく位置決め用のキャリブレーションは、非常に冗長な場合がある。開示した適用例では、オフィスビルの1つのフロアが部屋の分解能までキャリブレーションされ、これは、IEEE 802.11の位置決めシステムの大規模な展開に期待されていることに近いものである。信号強度に応じて位置を補間するために動径基底関数を使うことによって、平均間隔が約3.27メートルの部屋において、約3.75メートルのrms誤差が達成された。問題を補間の1つとして公定化することによって、大部分の部屋をスキップしてキャリブレーション処理をより簡単にすることができる。さらに、最低限必要な時間を超えてより多くの時間を費やしても正確さはあまり向上しないので、各部屋に多くの時間を費やす必要はない。

20

【0081】

別の実装形態では、様々なキャリブレーション位置でただ1つの受信機からの複数の送信機の強度を測定するのではなく、開示した本発明は、いくつかの受信機を既知の位置に固定することによって送信機を位置判定すること、およびただ1つの送信機の強度を様々なキャリブレーション位置で測定することに等しく適用可能である。後者は、送信機が音声の発信源（たとえば人間）であり、受信機が1組の音声マイクロホンである場合に適用可能である。

【0082】

さらに別の実装形態では、キャリブレーションおよび回帰は、信号強度に対して作用する必要はない。位相、自己相関、またはスペクトルなど様々な信号プロパティを使うことができる。回帰は、各プロパティ自体がスカラーでない場合でも、こうした代替的な信号プロパティにも等しくよく適用することができる。カーネル回帰システムへの入力にしたがって、1つのベクトルからなり、このベクトルは、共に付加されている信号プロパティを含む複数のベクトルを構成する。

30

【0083】

ここで図7を参照すると、開示したアーキテクチャを実行するように動作可能なコンピュータのブロック図を示してある。本発明の様々な態様向けの付加的な状況を提供するために、図7および以下の説明では、本発明の様々な態様を実装することができる適切な計算機環境700の手短で、一般的な説明を提供することを意図している。上記説明では、1つまたは複数のコンピュータを実行することができるコンピュータ実行可能命令という一般的な状況において本発明を説明したが、本発明は他のプログラムモジュールとの組合せとしても、かつ/またはハードウェアおよびソフトウェアの組合せとしても実施できることが当業者には理解されよう。全般的には、プログラムモジュールは、特定のタスクを実施し、または特定の抽象データタイプを実装するルーチン、プログラム、構成要素、データ構造などを含む。さらに、発明性のある本方法は、他のコンピュータシステム構成と共に実施できることが当業者には理解されよう。他のコンピュータシステム構成には、シングルプロセッサコンピュータシステムまたはマルチプロセッサコンピュータシステム、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータ、ならびにパーソナルコンピュータ、ポータブル計算装置、マイクロプロセッサベースの家電製品またはプログラム可能な家電製

40

50

品などがあり、それぞれが1つまたは複数の関連する装置に動作可能に結合することができる。図示した本発明の態様は、通信ネットワークを介してリンクされるリモート処理装置によって特定のタスクが実施される分散型計算機環境でも実施することができる。分散型計算機環境では、プログラムモジュールは、ローカルおよびリモートメモリ記憶装置両方に置くことができる。

【0084】

図7を再度参照すると、本発明の様々な態様を実装する例示的な環境700を示しており、この環境は、コンピュータ702を含み、このコンピュータ702は、処理ユニット704、システムメモリ706、およびシステムバス708を含む。システムバス708は、システムメモリ706を含むがそれに限定されないシステム構成要素を処理ユニット704に結合する。デュアルマイクロプロセッサおよび他のマルチプロセッサアーキテクチャも、処理ユニット704として利用することができる。

10

【0085】

システムバス708は、市販されている様々なバスアーキテクチャの任意のものを使用するメモリバスまたはメモリコントローラ、周辺バス、およびローカル・バスなどいくつかのタイプのバス構造のいずれでもよい。システムメモリ706は、読み出し専用メモリ(ROM)710およびランダムアクセスメモリ(RAM)712を含む。基本入出力システム(BIOS)は、たとえば起動中にコンピュータ702内部の要素間の情報の転送を助ける基本ルーチンを含み、ROM710に格納される。

【0086】

コンピュータ702は、たとえば、ハードディスクドライブ714、(たとえば取外し可能ディスク718からの読み出しまたはそこへの書き込みをするための)磁気ディスクドライブ716、および、(たとえばCD-ROMディスク722または他の光学媒体からの読み出しまたはそこへの書き込みを行う)光ディスクドライブ720をさらに含む。ハードディスクドライブ714、磁気ディスクドライブ716、および光ディスクドライブ720は、それぞれハードディスクドライブインターフェース724、磁気ディスクドライブインターフェース726、および光ドライブインターフェース728によって、システムバス708に接続することができる。ドライブおよびそれに関連するコンピュータ可読媒体は、データ、データ構造、コンピュータ実行可能命令などの不揮発性記憶装置を提供する。コンピュータ702に対して、ドライブおよび媒体は、同報通信プログラミングの記憶を適切なデジタル形式で調整する。上記のコンピュータ可読媒体の説明ではハードディスク、取外し可能な磁気ディスクおよびCDに言及したが、コンピュータ可読な他のタイプの媒体、たとえばジップドライブ、磁気カセット、フラッシュメモリカード、デジタル映像ディスク、カートリッジなども、例示的な動作環境において使うことができ、さらに、このようななどの媒体も本発明の方法を実施するコンピュータ実行可能命令を含むことができることが当業者には理解されよう。

20

30

【0087】

オペレーティングシステム730、1つまたは複数のアプリケーションプログラム732、他のプログラムモジュール734、およびプログラムデータ736などいくつかのプログラムモジュールを、ドライブおよびRAM712に格納することができる。本発明は、市販されている様々なオペレーティングシステム、またはオペレーティングシステムの組合せを用いて実装できることが理解されよう。

40

【0088】

ユーザは、キーボード738、およびマウス740などの指示装置を介して、コマンドおよび情報をコンピュータ702に入力することができる。他の入力装置(図示せず)には、マイクロホン、IRリモコン、ジョイスティック、ゲーム用パッド、衛星パラボラアンテナ、スキャナなどがあり得る。こうしたおよび他の入力装置はしばしば、システムバス708に結合されるシリアルポートインターフェース742を介して処理ユニット704に接続されるが、他のインターフェース、たとえば並列ポート、ゲームポート、ユニバーサルシリアルバス(「USB」)、赤外線(IR)インターフェースによって接続する

50

こともできる。モニター 744 または他のタイプの表示装置も、映像アダプタ 746 などのインターフェースを介してシステムバス 708 に接続される。モニター 744 に加えて、コンピュータは通常、他の周辺出力装置（図示せず）、たとえばスピーカ、プリンタなども含むことができる。

【0089】

コンピュータ 702 は、リモートコンピュータ（群）748 など1つまたは複数のリモートコンピュータへの論理接続を使用してネットワーク接続された環境において動作することができる。リモートコンピュータ（群）748 は、ワークステーション、サーバコンピュータ、ルータ、パーソナルコンピュータ、ポータブルコンピュータ、マイクロプロセッサベースの娯楽機器、ピア装置または他の共通ネットワークノードでよく、通常、コンピュータ 702 に関連して説明した要素の多くまたはすべてを含むが、簡潔にするために、メモリ記憶装置 750 のみを図示した。図示した論理接続は、ローカルエリアネットワーク（LAN）752 およびワイドエリアネットワーク（WAN）754 を含む。このようなネットワーク環境は、会社、企業規模のコンピュータネットワーク、イントラネットおよびインターネットにおいてよく見られる。

10

【0090】

LAN ネットワーク環境において使われる場合、コンピュータ 702 は、ネットワークインターフェースまたはアダプタ 756 を介してローカルネットワーク 752 に接続される。アダプタ 756 は、LAN 752 への有線または無線通信を容易にすることができ、この LAN には、無線アダプタ 756 と通信する無線アクセスポイントも配置することができる。WAN ネットワーク環境において使われる場合、コンピュータ 702 は通常、モデム 758 を含み、または LAN 上の通信サーバに接続され、または、たとえばインターネットなどの WAN 754 を介した通信を確立する他の手段を有する。モデム 758 は、内部にあっても外部にあってもよく、シリアルポートインターフェース 742 を介してシステムバス 708 に接続される。ネットワーク接続された環境では、コンピュータ 702 に関連して図示したプログラムモジュールまたはその一部は、リモートメモリ記憶装置 750 に格納することができる。図示したネットワーク接続は例示的なものであり、コンピュータ間の通信リンクを確立する他の手段も使うことができることが理解されよう。

20

【0091】

図 8 は、本発明による例示的な計算機環境 800 の概略的なブロック図を示してある。システム 800 は、1つまたは複数のクライアント（群）802 を含む。クライアント（群）802 は、ハードウェアおよび/またはソフトウェア（たとえば、スレッド、処理、計算装置）でよい。クライアント（群）802 は、たとえば、本発明を利用してクッキー（群）および/または関連する文脈情報を収容することができる。システム 800 は、1つまたは複数のサーバ（群）804 も含む。サーバ（群）804 は、ハードウェアおよび/またはソフトウェア（たとえば、スレッド、処理、計算装置）でよい。サーバ 804 は、たとえば、本発明を利用して変換を実施するためのスレッドを収容することができる。クライアント 802 とサーバ 804 の間の可能な1つの通信は、2つ以上のコンピュータ処理の間で伝送されるように適合されたデータパケットの形をとることができる。データパケットは、たとえば、クッキー（群）および/または関連する文脈情報を含むことができる。システム 800 は、クライアント（群）802 とサーバ（群）804 の間の通信を容易にするのに利用できる通信フレームワーク 806 を含む。通信は、有線（光ファイバを含む）および/または無線技術によって容易にすることができる。クライアント（群）802 は、クライアント（群）802 にローカルな情報（たとえば、クッキー（群）および/または関連する文脈情報）を格納するのに利用できる、1つまたは複数のクライアントデータストア（群）808 に動作可能に接続される。同様に、サーバ（群）804 は、サーバ 804 にローカルな情報を格納するのに利用できる、1つまたは複数のサーバデータストア（群）810 に動作可能に接続される。

30

40

【0092】

上記の説明内容は、本発明のいくつかの例を含む。当然ながら、本発明を説明するため

50

の構成要素または方法のあらゆる組合せを説明することはできないが、本発明のさらに多くの組合せおよび入替えが可能であることが当業者には理解できよう。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲の精神および範囲内であるこのようなすべての変更形態、修正形態および変形形態を包含することを意図したものである。さらに、詳細な説明または特許請求の範囲において「含む」という用語が使われている限りでは、「備える」は、使用される場合、請求項においては変化する言葉として解釈されるが、このような用語は、「備える」という用語と同様に包括的であることを意図している。

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図1】信号特性に基づいて新しい位置(群)を判定するシステムのためのキャリブレーション手順の外形を示す図である。 10

【図2】本発明の全体的なキャリブレーション処理を示すフロー図である。

【図3】新しい位置情報を判定する処理を示すフロー図である。

【図4】本発明による、信号強度から(x, y)位置へのマッピングを決定する処理を示すより詳細なフロー図である。

【図5】本発明のキャリブレーション処理の適用例に使用される、部屋を含む一般的なオフィスのフロアを示す配置図である。

【図6】キャリブレーションデータの、信号強度のロギングを容易にするグラフィカルユーザーインターフェースの例示的なスクリーンショットを示す図である。

【図7】開示したアーキテクチャを実行するように動作可能なコンピュータを示すブロック図である。 20

【図8】本発明による例示的な計算機環境を示す概略的なブロック図である。

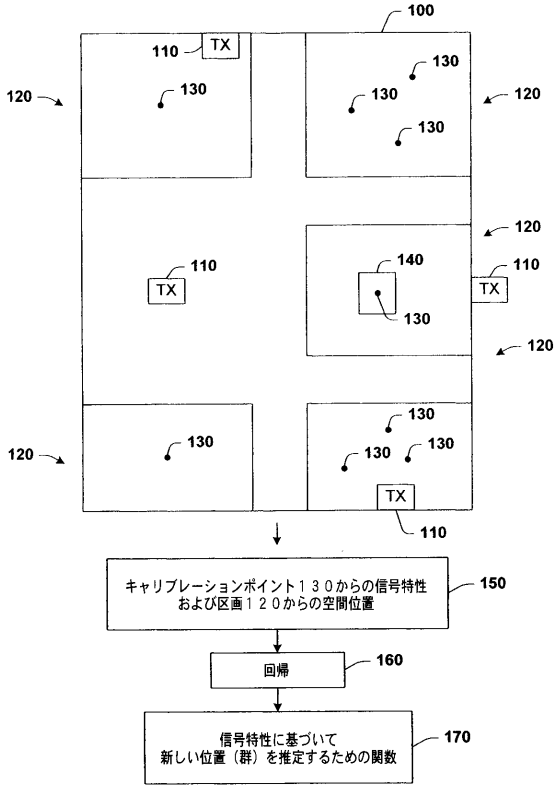
【符号の説明】

【0094】

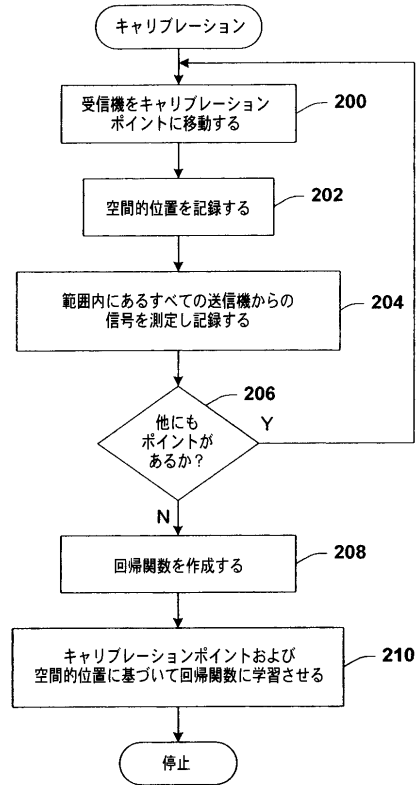
- 100 領域
- 110 送信機
- 120 区画
- 130 キャリブレーションポイント
- 140 受信機
- 500 典型的なオフィスフロア、フロア 30
- 502 部屋
- 600 グラフィカルユーザーインターフェース(GUI)、インターフェース
- 602 フロアの画像表現、フロア表現
- 604 信号強度サブウィンドウ
- 605 信号強度インディケータの作図
- 606 バー
- 608 データ
- 614 位置入力サブウィンドウ
- 616 走査制御サブウィンドウ
- 618 ロギングのパスフィールド 40
- 700 計算機環境
- 702 コンピュータ
- 704 処理ユニット
- 706 システムメモリ
- 708 システムバス
- 710 読出し専用メモリ(ROM)
- 712 ランダムアクセスメモリ(RAM)
- 714 ハードディスクドライブ
- 716 磁気ディスクドライブ
- 718 取外し可能ディスク 50

7 2 0	光ディスクドライブ	
7 2 2	CD - ROMディスク	
7 2 4	ハードディスクドライブインターフェース	
7 2 6	磁気ディスクドライブインターフェース	
7 2 8	光学ドライブインターフェース	
7 3 0	オペレーティングシステム	
7 3 2	アプリケーションプログラム	
7 3 4	他のプログラムモジュール	
7 3 6	プログラムデータ	
7 3 8	キーボード	10
7 4 0	マウス	
7 4 2	シリアルポートインターフェース	
7 4 4	モニタ	
7 4 6	映像アダプタ	
7 4 8	リモートコンピュータ (群)	
7 5 0	メモリ記憶装置、リモートメモリ記憶装置	
7 5 2	ローカルエリアネットワーク (LAN)	
7 5 4	ワイドエリアネットワーク (WAN)	
7 5 6	ネットワークインターフェース、ネットワークアダプタ、アダプタ、無線アダ プタ	20
7 5 8	モデム	
8 0 0	計算機環境	
8 0 2	クライアント (群)	
8 0 4	サーバ (群)	
8 0 6	通信フレームワーク	
8 0 8	クライアントデータストア (群)	
8 1 0	サーバデータストア (群)	

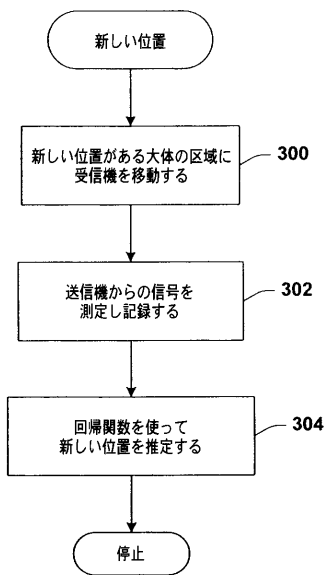
【図1】



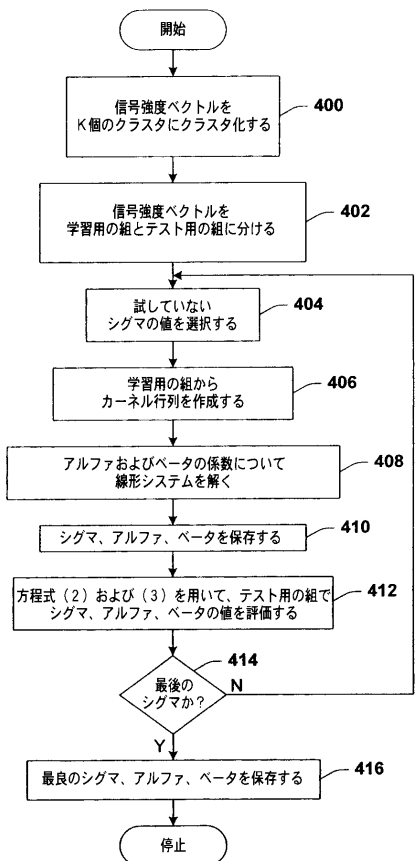
【図2】



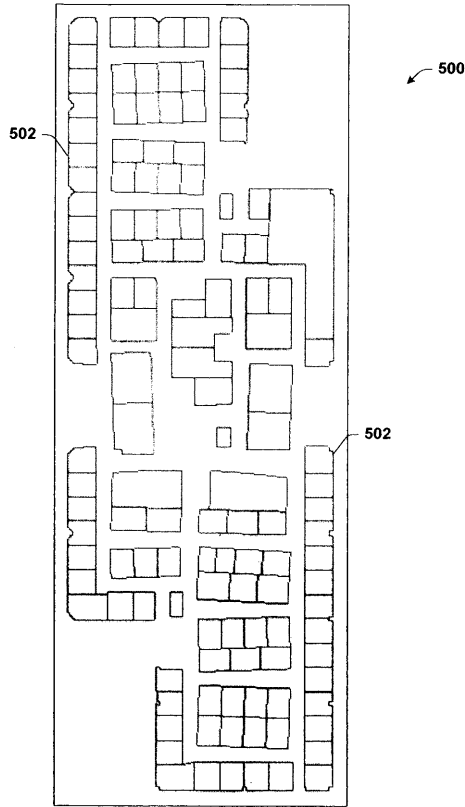
【図3】



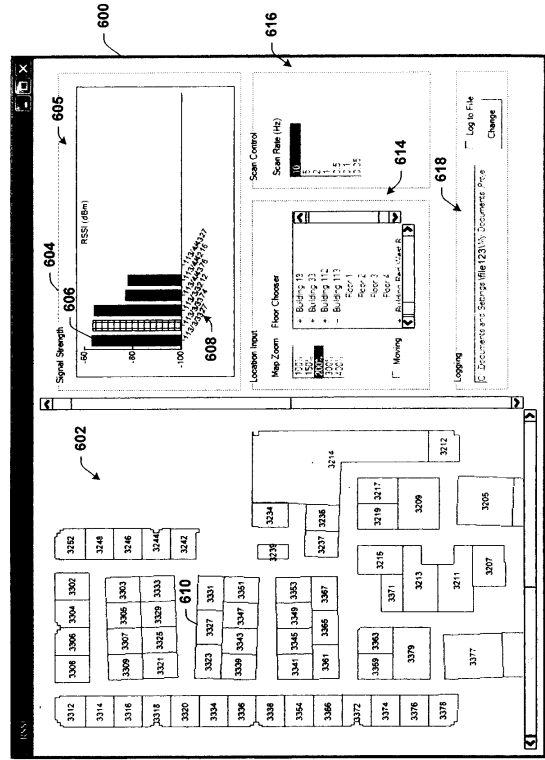
【図4】



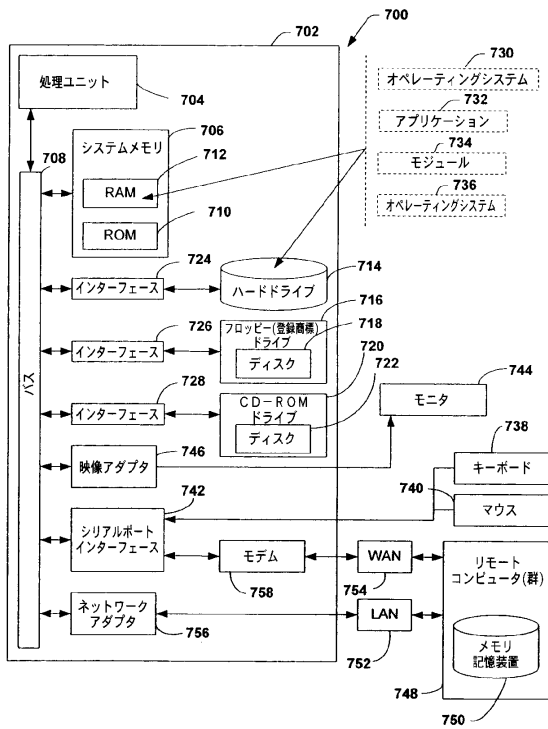
【図5】



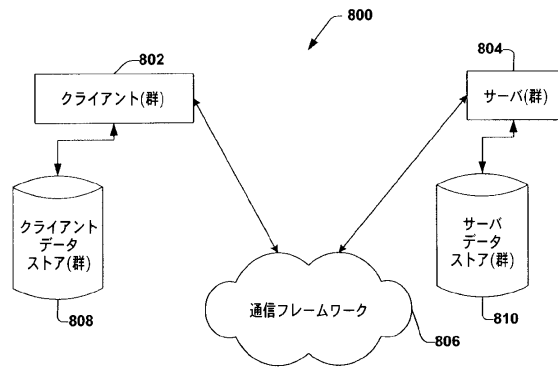
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(74)代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(72)発明者 ジョン シー・クルム

アメリカ合衆国 98052 ワシントン州 レッドモンド 153 アベニュー ノースイースト 7215

(72)発明者 ジョン シー・プラット

アメリカ合衆国 98052 ワシントン州 レッドモンド 166 コート ノースイースト 4963

審査官 有家 秀郎

(56)参考文献 国際公開第02/054813 (WO, A1)

米国特許第06393294 (US, B1)

特開2002-261848 (JP, A)

特開2002-160185 (JP, A)

特開2003-087340 (JP, A)

特表2004-517572 (JP, A)

特表2002-530998 (JP, A)

米国特許第06140964 (US, A)

Saha, "Location Determination of a Mobile Device Using IEEE 802.11b Access Points", IEEE Wireless Communications and Networking, 3/2003, pp. 1987-1992, vol.3

Ladd, "Using Wireless Ethernet for Localization", Proc. of the 2002 IEEE/RSJ int. Conf on Intelligent Robots and Systems, 10/2002, pp.402-408

Bahl, "An In-Building RF-Based User Location and Tracking System", IEEE INFOCOMM, 2000, 10 pages

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 1/00 - 17/95