

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6906617号

(P6906617)

(45) 発行日 令和3年7月21日 (2021.7.21)

(24) 登録日 令和3年7月1日 (2021.7.1)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 S 5/02 (2010.01) G O 1 S 5/02 Z

請求項の数 18 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2019-539211 (P2019-539211)	(73) 特許権者	304039548
(86) (22) 出願日	平成29年12月28日 (2017.12.28)		コリア・インスティテュート・オブ・サイ
(65) 公表番号	特表2020-516859 (P2020-516859A)		エンス・アンド・テクノロジー
(43) 公表日	令和2年6月11日 (2020.6.11)		大韓民国, ソウル 136-791, ソン
(86) 国際出願番号	PCT/KR2017/015649		ブクーク, ファランノ 14-ギル 5
(87) 国際公開番号	W02018/139771	(74) 代理人	110000338
(87) 国際公開日	平成30年8月2日 (2018.8.2)		特許業務法人HARAKENZO WOR
審査請求日	令和1年7月19日 (2019.7.19)		LD PATENT & TRADEMA
(31) 優先権主張番号	10-2017-0011988		R K
(32) 優先日	平成29年1月25日 (2017.1.25)	(72) 発明者	イ, テクジン
(33) 優先権主張国・地域又は機関	韓国 (KR)		大韓民国, ソウル 02792, ソンブ
(31) 優先権主張番号	10-2017-0121851		クーク, ファランノ 14-ギル 5
(32) 優先日	平成29年9月21日 (2017.9.21)	(72) 発明者	ジョン, ヨンミン
(33) 優先権主張国・地域又は機関	韓国 (KR)		大韓民国, ソウル 02792, ソンブ
			クーク, ファランノ 14-ギル 5
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高精度の無線測位方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの固定ノードから送出された少なくとも1つの信号の強度を測定する段階と、

移動ノードの相対位置を、直前に推定された相対位置に基づいて推定する段階と、

前記測定された少なくとも1つの信号強度と前記推定された移動ノードの相対位置から複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成する段階と、

前記生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンと前記移動ノードが位置する地域における信号強度の分布パターン形態のマップとの比較に基づいて前記移動ノードの絶対位置を推定する段階と、を含み、

前記移動ノードの絶対位置の推定後には、前記推定された移動ノードの絶対位置を基準に移動ノードの相対位置を推定する段階をさらに含み、

前記複数の時点後には、前記移動ノードの絶対位置について推定された移動ノードの相対位置から前記移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンが生成されることを特徴とする無線測位方法。

【請求項 2】

前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンは、前記複数の時点で推定された移動ノードの複数の相対位置で複数回受信された少なくとも1つの信号の強度の連続した羅列で表現される少なくとも1つの信号強度の変化パターンであることを特徴とする請求項 1 に

10

20

記載の無線測位方法。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、前記測定された少なくとも 1 つの信号強度と前記推定された移動ノードの相対位置から現在受信された少なくとも 1 つの信号強度のパターンを生成し、前記生成された少なくとも 1 つの信号のパターンを、前記受信時点以前に受信された少なくとも 1 つの信号のパターンに連続して羅列することで、前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成することを特徴とする請求項 2 に記載の無線測位方法。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、前記推定された相対位置で前記少なくとも 1 つの固定ノードから受信された少なくとも 1 つの信号強度のパターンを示すパターンデータを、前記相対位置推定以前に推定された相対位置に対するパターンデータに累積させることで、前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の無線測位方法。

10

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、前記測定された各信号強度を前記推定された相対位置に関連付けて示す空間ドメインデータから前記パターンデータを生成することを特徴とする請求項 4 に記載の無線測位方法。

【請求項 6】

前記測定された各信号強度をいずれか 1 時点に関連付けて示す時間ドメインデータを生成する段階と、

20

前記生成された時間ドメインデータを前記空間ドメインデータに変換する段階をさらに含むことを特徴とする請求項 5 に記載の無線測位方法。

【請求項 7】

前記いずれか 1 時点は、前記各信号の受信時点であり、前記測定された相対位置は、前記各信号の受信時点で推定された移動ノードの相対位置であることを特徴とする請求項 6 に記載の無線測位方法。

【請求項 8】

前記推定された相対位置と、前記相対位置の推定直前に推定された移動ノードの相対位置の距離差が、前記移動ノードの相対位置を示すための座標の分解能単位に該当する距離以内であれば、前記推定された相対位置で前記少なくとも 1 つの固定ノードから受信された少なくとも 1 つの信号強度のパターンを示すパターンデータの累積は省略されることを特徴とする請求項 4 に記載の無線測位方法。

30

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンと前記マップとを比較することにより、前記マップ内で前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンと最も類似したパターンを有する部分を探し出す段階をさらに含み、

前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出された部分が指すマップの絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定することを特徴とする請求項 1 に記載の無線測位方法。

40

【請求項 10】

前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出された部分の複数の絶対位置のうち、前記推定された相対位置に対応する絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定することを特徴とする請求項 9 に記載の無線測位方法。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、多次元空間の第 1 座標軸にいずれか 1 つの固定ノードの ID をマッピングし、第 2 座標軸に前記移動ノードの相対位置をマッピングし、第 3 座標軸に前記いずれか 1 つの固定ノードから送出された信号の強度をマッピングすることにより決定される多次元空間の地点にドットを表示する方式によって、前記移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも 1 つの信号強度の変

50

化をグラフ化した幾何学的なサーフェス(surface)形態のパターンを生成することを特徴とする請求項1に記載の無線測位方法。

【請求項12】

前記サーフェス形態のパターンと前記マップとを比較することにより、前記マップ内で前記サーフェス形態と最も類似した形態を有するサーフェス部分を探し出す段階をさらに含み、

前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出されたサーフェス部分が指すマップの絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定することを特徴とする請求項11に記載の無線測位方法。

【請求項13】

前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出されたサーフェス部分の複数の絶対位置のうち、前記推定された相対位置のシェープ(shape)と最も類似したシェープを有する部分の絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定することを特徴とする請求項12に記載の無線測位方法。

【請求項14】

前記受信された少なくとも1つの信号に基づいて測位サービスが提供される全域のクラスタのうち、少なくとも1つのクラスタを選定する段階と、

前記全域における信号強度の分布データが記録されたラジオマップから前記マップを示すマップデータを抽出する段階と、をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の無線測位方法。

【請求項15】

請求項1～14のうちいずれか1項の方法をコンピュータで実行させるためのプログラムを記録したコンピュータで読取り可能な記録媒体。

【請求項16】

少なくとも1つの固定ノードから送出された少なくとも1つの信号の強度を測定する信号処理部と、

移動ノードの相対位置を、直前に推定された相対位置に基づいて推定する相対位置推定部と、

前記測定された少なくとも1つの信号強度と前記推定された移動ノードの相対位置から複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成するパターン生成部と、

前記生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンと前記移動ノードが位置する地域における信号強度の分布パターン形態のマップとの比較に基づいて前記移動ノードの絶対位置を推定する絶対位置推定部と、を含み、

前記相対位置推定部が、前記移動ノードの絶対位置の推定後には、前記推定された移動ノードの絶対位置を基準に移動ノードの相対位置を推定し、

前記パターン生成部が、前記複数の時点後には、前記移動ノードの絶対位置について推定された移動ノードの相対位置から前記移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成することを特徴とする無線測位装置。

【請求項17】

前記移動ノードの動きを感知するセンサー部をさらに含み、

前記相対位置推定部は、前記センサー部の出力信号の値から前記移動ノードの相対位置を推定することを特徴とする請求項16に記載の無線測位装置。

【請求項18】

前記パターン生成部によって生成されたパターンデータを累積させるためのバッファをさらに含み、

前記パターン生成部は、前記推定された相対位置で前記少なくとも1つの固定ノードから受信された少なくとも1つの信号強度のパターンを示すパターンデータを前記バッファに保存されているパターンデータに累積させて保存することで前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成することを特徴とする請求項16に記載の無線測位装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線信号を用いて移動ノードの位置を推定することができる無線測位方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

G N S S (G l o b a l N a v i g a t i o n S a t e l l i t e S y s t e m) は、宇宙軌道を回っている人工衛星から送出される電波を用いて地球全域で動く物体の位置を推定するためのシステムであって、現在ミサイル誘導のような軍事的用途だけではなく、スマートフォンユーザの位置追跡、車両、船舶、航空機などの航法装置に多用されている。G N S S の代表的な例としては、アメリカのGPS (G l o b a l P o s i t i o n i n g S y s t e m) 、ロシアのグロナス (G L O N A S S) 、ヨーロッパのガリレオ (G a l i l e o) 、日本のQ Z S S (Q u a s i - Z e n i t h S a t e l l i t e S y s t e m) などが挙げられる。しかし、G N S S は、人工衛星から送出される電波が到達できない室内空間では、測位が不可能であり、高層ビルによる電波遮断、反射などによって都心で測位正確度が非常に低下する問題があった。

10

【0003】

最近、世界各国の自動車製造社とGoogle、インテルなどのグローバル企業は、自律走行車の研究開発に取り組んでいる。室外での部分自律走行には、ある程度の成果を挙げているが、G N S S の室内測位が不可能であるという点から、室外及び室内の両方での完全自律走行はまだ遥かに遠い状態である。このようなG N S S の問題点を解決するために、室内空間に存在する無線信号を用いてユーザや車両の位置を推定する無線測位技術に多くの関心が集まっている。無線測位技術は、現在商用化されてサービスされているが、G N S S に比べて測位正確度が非常に落ちて、多様な方式の無線測位技術が開発されている。

20

【0004】

無線通信は、近距離無線通信と広域無線通信とに分類される。近距離無線通信の代表的な例としては、ワイファイ (W i f i) 、ブルートゥース (登録商標) (B l u e t o o t h) 、ジグビー (Z i g b e e) などが挙げられ、広域無線通信の代表的な例としては、3 G (3 r d G e n e r a t i o n) 、4 G (4 t h G e n e r a t i o n) 、ローラ (L o r a) などが挙げられる。LTE (L o n g T e r m E v o l u t i o n) は、4 G 無線通信の一種である。ブルートゥース、ジグビーなどの近距離信号は、室内空間に、ユーザの必要によって、一時的に発生して消えてしまう特性によって、測位用としては適していない。現在、大部分の室内には、ワイファイ信号とLTE信号とが分布していると知られている。

30

【0005】

これにより、2.4GHz帯域のワイファイ信号を用いて測位を実施するWPS (W i f i P o s i t i o n i n g S y s t e m) が脚光を浴びている。ワイファイ信号を用いた測位技法には、代表的に三角測量 (t r i a n g u l a t i o n) 技法とフィンガープリント (f i n g e r p r i n t) 技法が挙げられる。三角測量技法は、3つ以上のアクセスポイント (A P 、 A c c e s s P o i n t) から受信された信号の強度 (R S S 、 R e c e i v e d S i g n a l S t r e n g t h) を測定し、それを距離に換算することで位置を推定する。しかし、室内空間では、建物の壁体、障害物、人などによって無線信号の減衰、反射、回折などが起こるために、換算された距離値が顕著な誤差を含むことにより、三角測量技法は、室内測位用としてはほとんど使用されていない。

40

【0006】

このような理由で、室内空間では、主にフィンガープリント技法が使用される。この技法は、室内空間を格子構造で分割し、各单位地域で信号強度値を収集し、データベース化してラジオマップ (r a d i o m a p) を構築する。このようにラジオマップが構築さ

50

れた状態で、ユーザ位置で受信された信号の強度をラジオマップのデータと比較することで、ユーザの位置と推定する。この技法は、室内の空間特性が反映されたデータを収集するために、三角測量技法に比べて、測位正確度が非常に高いという長所を有している。無線環境が良好であり、室内空間を細かく分割して複数の信号を収集するほど測位精度が高くなるが、最大2～3mまで向上すると報告されている。

【0007】

フィンガープリント技法は、ラジオマップの構築時点で収集された信号強度と測位遂行時点で収集された信号強度との差がほとんどない場合、比較的正確な測位を行う。しかし、現実世界で頻繁に発生する通信チャネル間の信号干渉、アクセスポイントの増設、故障や障害物発生などの無線環境の変化は、過去に構築されたラジオマップのデータと異なる信号強度の収集につながって、測位正確度に深刻な影響を与える。これにより、フィンガープリント技法に、KNN (K-Nearest Neighbor)、パーティクルフィルター (particle filter) などを適用して、測位正確度を高めようとする多様な試みが行われている。

10

【0008】

なによりも、ワイファイ信号は、近距離無線通信の特性上、都心一部のみ分布されているという現実によって、フィンガープリント技法は、室外及び室内の全域に対する測位サービスが要求される車両ナビゲーションシステムや自律走行では、単独で使えないという根本的な限界を有している。LTE信号は、室内及び室外全域に均一に分布されているが、信号強度の変化が大きい地域が広くて、測位正確度を高めるのに限界がある。その結果、LTE信号を用いる測位サービスは、ユーザの位置を概略的に知らせるレベルに留まっており、測位誤差が事故につながる恐れのある車両ナビゲーションシステムや自律走行用として使用されるには、まだ多くの問題を抱えている。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、無線環境の変化にも、非常に高い正確度で移動ノードの位置を推定可能であり、広い地域にわたって信号強度の変化がほとんどない無線信号を用いて移動ノードの位置を推定する場合にも、非常に高い正確度で移動ノードの位置を推定可能な高正確度の無線測位方法及び装置を提供するところにある。

30

【0010】

本発明が解決しようとする他の課題は、前記無線測位方法をコンピュータで実行させるためのプログラムを記録したコンピュータで読取り可能な記録媒体を提供するところにある。

【0011】

本発明は、前記のような技術的課題に限定されず、以下の説明からさらに他の技術的課題を導出することもできる。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一側面による無線測位方法は、少なくとも1つの固定ノードから送出された少なくとも1つの信号の強度を測定する段階と、移動ノードの相対位置を推定する段階と、前記測定された少なくとも1つの信号強度と前記推定された移動ノードの相対位置から複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成する段階と、前記生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンと前記移動ノードが位置する地域における信号強度の分布パターン形態のマップとの比較に基づいて前記移動ノードの絶対位置を推定する段階と、を含む。

40

【0013】

前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンは、前記複数の時点で推定された移動ノードの複数の相対位置で複数回受信された少なくとも1つの信号の強度の連続した羅列で表現される少なくとも1つの信号強度の変化パターンであってもよい。前記少なくとも1

50

つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、前記測定された少なくとも1つの信号強度と前記推定された移動ノードの相対位置から現在受信された少なくとも1つの信号強度のパターンを生成し、前記生成された少なくとも1つの信号のパターンを、前記受信時点以前に受信された少なくとも1つの信号のパターンに連続して羅列することで、前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成することができる。

【0014】

前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、前記推定された相対位置で前記少なくとも1つの固定ノードから受信された少なくとも1つの信号強度のパターンを示すパターンデータを前記相対位置推定以前に推定された相対位置に対するパターンデータに累積させることで、前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成する

10

【0015】

前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、前記測定された各信号強度を前記推定された相対位置に関連付けて示す空間ドメインデータから前記パターンデータを生成することができる。前記無線測位方法は、前記測定された各信号強度をいずれか1時点に関連付けて示す時間ドメインデータを生成する段階と、前記生成された時間ドメインデータを前記空間ドメインデータに変換する段階と、をさらに含むことができる。

【0016】

前記いずれか1時点は、前記各信号の受信時点であり、前記測定された相対位置は、前記各信号の受信時点で推定された移動ノードの相対位置であってもよい。前記推定された相対位置と、前記相対位置の推定直前に推定された移動ノードの相対位置との距離差が、前記移動ノードの相対位置を示すための座標の分解能単位に該当する距離以内であれば、前記推定された相対位置で前記少なくとも1つの固定ノードから受信された少なくとも1つの信号強度のパターンを示すパターンデータの累積は省略されてもよい。

20

【0017】

前記無線測位方法は、前記移動ノードの絶対位置の推定後には、前記推定された移動ノードの絶対位置に対する移動ノードの相対位置を推定する段階をさらに含み、前記複数の時点後には、前記移動ノードの絶対位置について推定された移動ノードの相対位置から前記移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンが生成されてもよい。

30

【0018】

前記無線測位方法は、前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンと前記マップとを比較することにより、前記マップ内で、前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンと最も類似したパターンを有する部分を探し出す段階をさらに含み、前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出された部分が指すマップの絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定する。前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出された部分の複数の絶対位置のうち、前記推定された相対位置に対応する絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定してもよい。

【0019】

前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成する段階は、多次元空間の第1座標軸に、いずれか1つの固定ノードのIDをマッピングし、第2座標軸に前記移動ノードの相対位置をマッピングし、第3座標軸に前記いずれか1つの固定ノードから送出された信号の強度をマッピングすることで決定される多次元空間の地点にドットを表示する方式で前記移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化をグラフ化した幾何学的なサーフェス (s u r f a c e) 形態のパターンを生成してもよい。

40

【0020】

前記無線測位方法は、前記サーフェス形態のパターンと前記マップとを比較することにより、前記マップ内で前記サーフェス形態と最も類似した形態を有するサーフェス部分を探し出す段階をさらに含み、前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出さ

50

れたサーフェス部分が指すマップの絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定してもよい。前記移動ノードの絶対位置を推定する段階は、前記探し出されたサーフェス部分の複数の絶対位置のうち、前記推定された相対位置のシェープ（shape）と最も類似したシェープを有する部分の絶対位置を前記移動ノードの絶対位置と推定してもよい。

【0021】

前記無線測位方法は、前記受信された少なくとも1つの信号に基づいて測位サービスが提供される全域のクラスタのうち、少なくとも1つのクラスタを選定する段階と、及び前記全域における信号強度の分布データが記録されたラジオマップから前記マップを示すマップデータを抽出する段階をさらに含んでもよい。

【0022】

本発明の他の側面によって、前記無線測位方法をコンピュータで実行させるためのプログラムを記録したコンピュータで読取り可能な記録媒体が提供される。

【0023】

本発明のさらに他の側面による無線測位装置は、少なくとも1つの固定ノードから送出された少なくとも1つの信号の強度を測定する信号処理部と、移動ノードの相対位置を推定する相対位置推定部と、前記測定された少なくとも1つの信号強度と前記推定された移動ノードの相対位置から複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成するパターン生成部と、前記生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンと前記移動ノードが位置する地域における信号強度の分布パターン形態のマップとの比較に基づいて前記移動ノードの絶対位置を推定する絶対位置推定部を含む。

【0024】

前記無線測位装置は、前記移動ノードの動きを感知するセンサー部をさらに含み、前記相対位置推定部は、前記センサー部の出力信号の値から前記移動ノードの相対位置を推定してもよい。前記無線測位装置は、前記パターン生成部によって生成されたパターンデータを累積させるためのバッファをさらに含み、前記パターン生成部は、前記推定された相対位置で前記少なくとも1つの固定ノードから受信された少なくとも1つの信号強度のパターンを示すパターンデータを前記バッファに保存されているパターンデータに累積させて保存することで、前記少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成してもよい。

【発明の効果】

【0025】

少なくとも1つの固定ノードから受信された少なくとも1つの信号の強度を測定し、移動ノードの相対位置を推定することで、複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを生成し、このような信号強度の変化パターンを用いて移動ノードの絶対位置を推定することで、通信チャネル間の信号干渉、アクセスポイントの増設、故障や障害物発生のような無線環境変化が発生しても、移動ノードの位置を非常に正確に推定することができる。

【0026】

従来の無線測位技術は、現在受信された少なくとも1つの信号の強度を用いて移動ノードの絶対位置を推定するために、無線環境変化によってラジオマップ構築当時に収集された信号強度とは異なる信号強度が測定された場合、移動ノードの現在位置がその実際位置ではない隣接した他の位置と推定される確率が非常に高い。一方、本発明は、複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを用いて移動ノードの絶対位置を推定するために、無線環境変化の影響をほとんど受けなくなり、従来の無線測位技術に比べて、無線環境変化による測位誤差が大幅に減少する。

【0027】

LTE信号のように、広い地域にわたって信号強度の変化がほとんどない無線信号を用いて移動ノードの位置を推定する場合にも、複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを用いて移動ノードの絶対位置

10

20

30

40

50

を推定するために、移動ノードの位置を正確に推定することができる。移動ノードの移動経路上で互いに隣接している測位地点間に信号強度の変化がほとんどない場合であっても、本発明の測位に使用される信号強度の変化パターンの長さに該当する移動距離内では移動ノード1の正確な位置推定が可能な程度にLTE信号の強度が十分に変化するためである。

【0028】

このように、移動経路上の測定地点間に信号強度の変化がほとんどないLTE信号を用いて移動ノードの位置を正確に推定可能なので、室内はもとより室外までもカバーする無線測位サービスの提供が可能である。結果として、室内測位及び室外測位がいずれも可能な車両ナビゲーションシステムや自律走行用の無線測位サービスが提供可能であって、現在車両ナビゲーションシステムで最も広く使用されているが、室内測位が不可能なGPSを代替することができる。

10

【0029】

また、移動ノードの絶対位置を推定した後は、既に推定された移動ノードの絶対位置に対して移動ノードの相対位置を推定することで、相対位置の連続した推定による従来のPDR (Pedestrian Dead Reckoning)、DR (Dead Reckoning) など相対位置推定アルゴリズムの誤差累積がほとんど発生しないことにより、従来の無線測位技術にPDR、DRなどの相対位置推定アルゴリズムを融合させた技法に比べて、その測位正確度が非常に高い。

20

【0030】

また、移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化をグラフ化した幾何学的なサーフェス形態の3次元パターンを用いて移動ノードの位置を推定することで、現在受信された信号強度の数値値とラジオマップ内に分布された信号強度の数値値の比較による従来アルゴリズムの測位誤差は根本的に遮断されて移動ノードの測位正確度が大幅に向上する。移動ノードの現在位置における無線環境変化は、サーフェスの全体的な形態にほとんど影響を与えないので、マップデータが示すマップ内で3次元パターンのサーフェス形態と最も類似した形態を有するサーフェス部分を探し出す時に、現在受信された信号の強度の誤差によって、元々探し出そうとするサーフェス部分と異なるサーフェス部分を探し出す可能性は非常に低い。

30

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の一実施例による無線通信システムの構成図である。

【図2】図1に図示された移動ノード1の無線測位装置の構成図である。

【図3】本発明の一実施例による無線測位方法のフローチャートである。

【図4】図3の320段階におけるパターン形成原理を説明するための図面である。

【図5】図3の320段階におけるパターン形成に係わる実験結果を示す図面である。

【図6】図3に図示された320段階の詳細フローチャートである。

【図7】本実施例による無線測位に使用される信号強度の変化パターンを生成するための3次元空間座標系を示す図面である。

【図8】本実施例による無線測位に使用されるパターンデータの累積をテーブル状に示す図面である。

40

【図9】本実施例による無線測位に使用される信号強度の変化パターンが生成される一例を示す図面である。

【図10】本実施例によって移動ノード1の絶対位置が推定される例を示す図面である。

【図11】本実施例によって移動ノード1の絶対位置が推定される例を示す図面である。

【図12】従来技術と本実施例によるワイファイ測位に係わる比較実験結果を示す図面である。

【図13】従来技術と本実施例によるLTE測位に係わる比較実験結果を示す図面である。

。

【発明を実施するための形態】

50

【0032】

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。以下では、ユーザによって携帯されて移動するスマートフォン、車両に搭載されて移動するナビゲーションシステムのように測位の対象となる全ての移動体を包括して「移動ノード」と通称する。また、ワイファイ網のアクセスポイント（AP、Access Point）、LTE網の基地局（base station）のように、ある地域に固定設けられて移動ノードの無線通信を中継する通信機器を包括して「固定ノード」と通称する。また、固定ノードから送出されるRF（Radio Frequency）信号を、「信号」と略称する。

【0033】

後述する本発明の実施例は、ワイファイ信号、LTE（Long Term Evolution）信号のような無線信号を用いて測位サービスを提供する無線測位方法及び装置に関するものであって、特に、無線環境の変化にも非常に高い正確度で移動ノードの位置を推定可能であり、かつ広い地域にわたって信号強度の変化がほとんどない無線信号、例えば、LTE信号を用いて測位を実施する場合にも非常に正確度で移動ノードの位置を推定可能な高正確度の無線測位方法及び装置に関するものである。以下では、かような無線測位方法及び無線測位装置を、「無線測位方法」及び「無線測位装置」と略称する。

【0034】

図1は、本発明の一実施例による無線通信システムの構成図である。図1を参照すれば、本実施例による無線通信システムは、複数の移動ノード1、複数の固定ノード2、及び測位サーバ3で構成される。複数移動ノード1は、それぞれユーザによって携帯されるか、車両に搭載されて移動しつつ、少なくとも一種の無線通信網を通じて他のノードとの無線通信を行う。一般に、各移動ノード1は、少なくとも2種の無線通信網、例えば、ワイファイ網とLTE網とを通じて無線通信を行う。複数の固定ノード2は、それぞれ各移動ノード1が、無線通信網に接続して他のノードとの無線通信を行うように、各移動ノード1の無線通信を中継する。移動ノード1がワイファイ網を通じて無線通信を行う場合、固定ノードは、アクセスポイントであり、LTE網を通じて無線通信を行う場合、固定ノードは、基地局である。測位サーバ3は、本実施例による無線測位に必要なラジオマップの一部を各移動ノード1に提供する。

【0035】

図2は、図1に図示された移動ノード1の無線測位装置の構成図である。図2を参照すれば、図1に図示された移動ノード1の無線測位装置は、無線通信部10、センサー部20、バッファ30、スキャン部11、信号処理部12、相対位置推定部13、ドメイン変換部14、パターン生成部15、クラスタ選定部16、マップローダー17、比較部18、及び絶対位置推定部19で構成される。本実施例が属する技術分野で通常の知識を有する者であれば、かような構成要素は、特定機能を提供するハードウェアとして具現され、特定機能を提供するソフトウェアが記録されたメモリ、プロセッサ、バスなどの組み合わせで具現されるということを理解可能であろう。前記各構成要素は、必ずしも別個のハードウェアとして具現されるものではなく、様々な構成要素が共通のハードウェア、例えば、プロセッサ、メモリ、バスなどの組み合わせによって具現されてもよい。

【0036】

上述したように、移動ノード1は、ユーザによって携帯されるスマートフォンでもあり、車両に搭載されるナビゲーションシステムでもある。図2に図示された実施例は、無線測位装置に関するものであって、図2に図示された無線測位装置の構成外に、スマートフォンの他の構成やナビゲーションシステムの他の構成が、図2に図示されれば、本実施例の特徴を不明にする恐れがあるので、省略される。本実施例が属する技術分野において、通常の知識を有する者であれば、移動ノード1がスマートフォンやナビゲーションシステムなどとして具現される場合、図2に図示された構成要素外に他の構成要素を追加可能であることが理解できるであろう。

【0037】

無線通信部10は、少なくとも1つの無線通信網を通じて信号を送受信する。センサー

10

20

30

40

50

部20は、移動ノード1の動きを感知する少なくとも1つのセンサーで構成される。バッファ30は、パターン生成部15によって生成されたパターンデータを累積させるための用途として使用される。センサー部20は、移動ノード1の加速度を測定する加速度センサー (acceleration sensor) と移動ノード1の角速度を測定するジャイロセンサー (gyro sensor) とで構成されてもよい。移動ノード1が如何なる種類の機器として具現されるかによって、センサー部20のセンサー種類が異なってもよい。移動ノード1がスマートフォンとして具現される場合、センサー部20は、上述したような加速度センサーとジャイロセンサーで構成されてもよい。移動ノード1が車両に搭載されるナビゲーションシステムとして具現される場合、センサー部20は、上述したような加速度センサーとジャイロセンサーで構成され、かようなセンサーの代りに、エン

10

【0038】

図3は、本発明の一実施例による無線測位方法のフローチャートである。図3を参照すれば、本実施例による無線測位方法は、図2に図示された移動ノード1の無線測位装置によって実行される次のような段階で構成される。以下では、図3を参照しつつ、図2に図示されたスキャン部11、信号処理部12、相対位置推定部13、ドメイン変換部14、パターン生成部15、クラスタ選定部16、マップローダー17、比較部18、及び絶対位置推定部19を詳細に説明する。110段階において、移動ノード1のスキャン部11は、無線通信部10を通じて無線通信の周波数帯域を周期的にスキャンすることで、少なくとも1つの固定ノード2から送出された少なくとも1つの信号を受信する。スキャン部11のスキャン週期の長さによって、後述する時間ドメインデータのサンプリングレート (sampling rate) が決定される。無線通信部10のスキャン周期が短いほど、後述する時間ドメインデータのサンプリングレートが高くなり、結果として、本実施例によって推定された移動ノード1の絶対位置の精度が向上する。

20

【0039】

時間ドメインデータのサンプリングレートが高くなれば、時間ドメインデータのデータ量が増加するので、移動ノード1のデータ処理負荷が増加されつつ、移動ノード1の絶対位置推定にかかる時間が増加されてもよい。ユーザの位置追跡、車両のナビゲーションなどの用途として活用される無線測位の特性上、リアルタイムでユーザに現在位置が提供されねばならないので、移動ノード1のハードウェアの性能、本実施例が適用される分野で

30

【0040】

移動ノード1の現在位置において、その通信可能範囲内に1つの固定ノード2のみ存在する場合であれば、無線通信部10は、スキャン過程を通じて1つの固定ノード2から1つの信号を受信する。移動ノード1の現在位置において、その通信可能範囲内に複数の固定ノード2が存在する場合であれば、無線通信部10は、スキャン過程を通じて複数の固定ノード2からその固定ノード2の個数ほどの複数の信号を受信する。図1には、移動ノード1が3つの固定ノード21、22、23から3つの信号を受信する例が図示されている。他の1つの固定ノード24は、移動ノード1の通信可能範囲外に位置していることが分かる。本実施例は、無線通信インフラが比較的によく備えられた地域に適用可能なので、移動ノード1は、ほとんど複数の固定ノード2の信号を受信するが、無線通信インフラが脆弱な一部地域では、1つの固定ノード2の信号を受信してもよい。一方、スキャン過程で如何なる信号も受信されていない場合には、本実施例による測位自体が不可能な場合に該当するので、移動ノード1は、固定ノード2の信号を受信するまで待機する。

40

【0041】

120段階において、移動ノード1の信号処理部12は、110段階で受信された各信号の強度を測定する。130段階において、移動ノード1の信号処理部12は、120段階で測定された各信号強度をいずれか1時点に関連付けて示す時間ドメインデータを生成

50

する。ここで、いずれか1時点は、110段階で受信された信号を、その前に受信された信号またはその後に受信された信号と区別するための情報として使用される。この時点は、各信号の受信時点であってもよい。各信号の受信時点は、信号処理部12が無線通信部10から各信号を入力された瞬間に、移動ノード1の内部時計の時間を読んだ時点であってもよい。

【0042】

さらに詳細に説明すれば、130段階において、移動ノード1の信号処理部12は、110段階で受信された各信号別に各信号を送出した固定ノード2のID、各信号の受信時点、及び120段階で測定された各信号の強度を1つのセットにした少なくとも1つの信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{TD}$ を含む時間ドメインデータを生成する。ここで、RSSは、
「Received Signal Strength」の略字であり、TDは、「Time Domain」の略字であり、下付き文字の「m」は、固定ノード2のIDの順番を示し、「n」は、各信号の受信時点の順番を示す。

【0043】

例えば、図3に図示された無線測位方法が三回繰り返して実行されれば、スキャン部11は、三回にわたって周辺の信号をスキャンする。スキャン部11が三番目の信号スキャン時に二番目のIDを有する固定ノード2から送出された1つの信号のみ受信するならば、時間ドメインデータは、1つの信号強度セット RSS_{23} のみ含む。もし、スキャン部11が、三番目の信号スキャン時に二番目IDを有する固定ノード2から送出された信号と、三番目のIDを有する固定ノード2から送出された信号を受信するならば、時間ドメインデータは、信号強度セット RSS_{23} と RSS_{33} を含む。

【0044】

このように、時間ドメインデータは、302段階で測定された各信号の強度を、時間ドメインで各信号を送出した固定ノード2のIDと、各信号の受信時点によって区分するデータである。本実施例による無線測位方法が実行される度に、130段階で生成される時間ドメインデータに含まれた複数の信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{TD}$ の受信時点は、いずれも同一になる。これにより、時間ドメインデータの長さを縮めるために、同一時点に収集された信号に対しては、1つの時点に、複数の固定ノードIDと複数の信号強度とを羅列して付けることもできる。本実施例が属する技術分野で通常の知識を有する者であれば、上述したようなフォーマット以外に多様なフォーマットで時間ドメインデータを表現可能であることが理解できるであろう。

【0045】

210段階において、移動ノード1の相対位置推定部13は、センサー部20の出力信号を周期的に受信する。220段階において、移動ノード1の相対位置推定部13は、210段階で受信されたセンサー部20の出力信号の値から移動ノード1の移動距離と移動方向とを算出する。230段階において、移動ノード1の相対位置推定部13は、220段階で算出された移動ノード1の移動距離と移動方向に基づいて移動ノード1の以前位置に対する移動ノード1の現在位置の相対的な変化を算出することで、移動ノード1の以前位置に対する移動ノード1の現在相対位置を推定する。ここで、移動ノード1の以前位置は、本実施例による無線測位方法が初めて実行されるときには、後述するクラスタの基準点（reference point）となり、基準点に対する相対位置が推定された後には、現在推定しようとする相対位置の直前に推定された相対位置となる。

【0046】

後述するように、信号強度が表示されるドメインを時間ドメインから空間ドメインに変換する過程で各信号の受信時点は、その受信時点における移動ノード1の相対位置に交替されるので、相対位置推定部13は、スキャン部11のスキャン周期に同期して移動ノード1の相対位置を周期的に算出することが望ましい。移動ノード1の相対位置の精度を高めるために、相対位置推定部13は、スキャン部11のスキャン周期よりも短い週期で移動ノード1の相対位置を算出してもよい。上述したように、移動ノード1が如何なる種類の機器として具現されるかによって、センサー部20のセンサー種類が変わるので、移動

ノード1の相対位置の推定には、移動ノード1が如何なる種類の機器として具現されるかによって、互いに異なる航法アルゴリズムが使用される。

【0047】

例えば、移動ノード1がスマートフォンである場合、相対位置推定部13は、PDR (Pedestrian Dead Reckoning) アルゴリズムを使用して移動ノード1の相対位置を推定してもよい。さらに詳細に説明すれば、相対位置推定部13は、センサー部20の加速度センサーの出力信号の値を積分することで、移動ノード1の移動距離を算出し、センサー部20のジャイロセンサーの出力信号の値を積分することで、移動ノード1の移動方向を算出することができる。移動ノード1がナビゲーションシステムとして車両に搭載される場合、相対位置推定部13は、DR (Dead Reckoning) アルゴリズムを使用して移動ノード1の相対位置を推定することができる。例えば、相対位置推定部13は、車両のホイール (wheel) に、センサー部20の加速度センサーとジャイロセンサーとを付着することで、移動ノード1の移動距離と移動方向とを算出することができる。

【0048】

図3に図示された無線測位方法が実行された後、再び実行されるとき、相対位置推定部13は、後述する520段階における移動ノード1の絶対位置の推定後には、520段階で推定された移動ノード1の絶対位置に対する移動ノードの相対位置を推定する。したがって、320段階で複数の時点にわたる移動ノード1の位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンが生成された後、すなわち、その複数の時点後には、移動ノード1の絶対位置について推定された移動ノードの相対位置から移動ノード1の位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンが生成される。本実施例によれば、移動ノード1の相対位置は、継続的に移動ノード1の以前相対位置を基準に推定されるものではなく、移動ノード1の相対位置が絶対位置に交替されたときには、その絶対位置を基準に推定されるので、移動ノード1の相対位置推定の適用される区間は、非常に短くなり、相対位置推定の繰り返しによる相対位置の誤差累積による移動ノード1の絶対位置誤差がほとんど発生しなくなる。

【0049】

上述したように、移動ノード1の相対位置を推定するためのPDR、DRアルゴリズムは、センサーの出力信号値の積分を通じて移動ノード1の相対位置を推定するために、移動ノード1の相対位置推定が繰り返されるほど、移動ノード1の相対位置の誤差が累積される。これにより、移動ノード1の相対位置推定の適用される区間が長いほど、移動ノード1の相対位置の誤差は増加する。本実施例は、移動ノード1の相対位置が推定される間に移動ノード1の相対位置が絶対位置に交替されるので、相対位置推定の繰り返しによる相対位置の誤差累積がほとんど発生しなくなる。これにより、本実施による測位の正確度は従来の無線測位技術にPDR、DRなどの相対位置推定アルゴリズムを融合させた技法に比べて非常に高い。

【0050】

本実施例によって移動ノード1の絶対位置が推定された後には、以後推定される移動ノード1の相対位置ごとに絶対位置が推定されもし、以後推定される移動ノード1の相対位置を複数回推定した後、1つの絶対位置が推定されもする。前者の場合、移動ノード1の絶対位置が推定された後には、移動ノード1の以前位置は常に現在推定しようとする相対位置の直前に推定された絶対位置となる。後者の場合、移動ノード1の以前位置は、移動ノード1の絶対位置が推定された直後には、現在推定しようとする相対位置の直前に推定された絶対位置となるが、その後には、前記回数だけ相対位置が推定されるまでは、現在推定しようとする相対位置の直前に推定された相対位置となる。

【0051】

310段階において、移動ノード1のドメイン変換部14は、130段階で生成された時間ドメインデータを、120段階で測定された各信号強度を230段階で推定された移動ノード1の相対位置に関連付けて示す空間ドメインデータに変換する。さらに詳細に説

10

20

30

40

50

明すれば、ドメイン変換部 14 は、130 段階で生成された時間ドメインデータに含まれた少なくとも 1 つの信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{TD}$ の各セット別に各セット RSS_{mn} が示す固定ノード 2 の ID、各信号の受信時点、及び各信号の強度のうち、各信号の受信時点と各信号の受信時点に対応する移動ノード 1 の相対位置に交替することで時間ドメインデータを固定ノード 2 の ID、移動ノード 1 の相対位置、及び各信号の強度を 1 つのセットにした少なくとも 1 つの信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{SD}$ に変換する。

【0052】

ここで、RSS は、「Received Signal Strength」の略字であり、SD は「Space Domain」の略字であり、下付き文字である「m」は、固定ノード 2 の ID の順番を示し、「n」は、各信号の受信時点の順番に対応する移動ノード 1 の相対位置の順番を示す。110 段階における信号受信と 210 段階における信号受信が同期化され、ほとんど同じ時間帯に実行される場合であれば、各信号の受信時点に対応する移動ノード 1 の相対位置は、各信号の受信時点で推定された移動ノード 1 の相対位置であってもよい。この場合、各信号の受信時点の順番は、そのまま移動ノード 1 の相対位置の順番となる。例えば、空間ドメインデータに含まれた信号強度セット RSS_{23} は、相対位置推定部 13 が三番目の相対位置推定時に二番目の ID を有する固定ノード 2 から受信された信号の強度を示す。

【0053】

110 段階における信号受信と 210 段階における信号受信の同期化がなされていない場合であれば、各信号の受信時点に対応する移動ノード 1 の相対位置は、複数の時点で推定された相対位置のうち、各信号の受信時点に最も近い時点で推定された相対位置であってもよい。このように、時間ドメインデータは、固定ノード 2 の ID、各信号の受信時点、及び各信号の強度を 1 つのセットにすることで、各信号強度を各信号の受信時点に関連付けて示した時間基盤のデータであり、一方、空間ドメインデータは、時間ドメインデータに含まれた固定ノード 2 の ID、時間ドメインデータに含まれた時点で推定された移動ノード 1 の相対位置、時間ドメインデータに含まれた各信号強度を 1 つのセットにすることで、各信号強度を移動ノード 1 の相対位置に関連付けて示した空間基盤のデータである。

【0054】

本実施例による無線測位方法が実行される度に 130 段階で生成される時間ドメインデータに含まれた複数の信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{TD}$ の受信時点は、いずれも同一なので、本実施例による無線測位方法が実行される度に 310 段階で変換される空間ドメインデータに含まれた複数の信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{SD}$ の相対位置がいずれも同一になる。これにより、空間ドメインデータの長さを縮めるために、同じ相対位置で収集された信号に対しては、1 つの相対位置に複数の固定ノード ID と複数の信号強度とを羅列して付けてもよい。本実施例が属する技術分野で通常の知識を有する者であれば、上述したようなフォーマット以外に多様なフォーマットで空間ドメインデータを表現することができることを理解できるであろう。

【0055】

320 段階において、移動ノード 1 のパターン生成部 15 は、120 段階で測定された少なくとも 1 つの信号強度と 230 段階で推定された移動ノード 1 の相対位置から複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成する。さらに詳細に説明すれば、パターン生成部 15 は、120 段階で測定された少なくとも 1 つの信号強度と 230 段階で推定された移動ノード 1 の相対位置から 110 段階で現在受信された少なくとも 1 つの信号強度のパターンを生成し、現在受信された少なくとも 1 つの信号のパターンを 110 段階における信号受信時点以前に受信された少なくとも 1 つの信号のパターンに連続して羅列することで、複数の時点にわたる移動ノード 1 の位置の相対的な変化による少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンを生成する。本実施例による無線測位方法は、移動ノード 1 が、ある経路を通じて移動するとき、リアルタイムでその現在絶対位置を繰り返して推定するための方法であって、図 2 に図示

された無線測位装置が駆動される間に、図3に図示された段階は、継続的に繰り返される。

【0056】

図4は、図3の320段階におけるパターン形成原理を説明するための図面である。図4の(a)を参照すれば、固定ノード2から送出される信号の強度は大略的に固定ノード2からの距離の二乗に反比例して減衰される。ユーザが固定ノード2に近づいては遠ざかる場合、ユーザが携帯する移動ノード1は、図4の(a)に図示されたような強度の信号を受信する。一般に、ユーザは、常に一定速度で歩かず、歩行中に一時的に停止することもできる。ユーザが一時的に停止する間には、図4の(b)に図示されたように、図3に図示された無線測位方法が複数回繰り返して実行されても、固定ノード2から送出される信号の強度は、ほぼ同一に測定される。図4の(b)のx軸は、信号が測定された時点を示し、y軸は、信号強度を示す。図4の(c)のx軸は、移動ノード1の相対位置(RL、Relative Location)を示し、y軸は、信号強度を示す。

10

【0057】

図3に図示された無線測位方法が実行される度に、固定ノード2から送出される信号の強度が測定されるので、固定ノード2から送出される信号の強度は、図4の(b)に図示されたような連続した曲線の形態に表示されず、実際には、信号強度に対応する高さに表示されたドットが連続して並べられた形態に表示される。ドメイン変換部14によって各信号の受信時点が移動ノード1の相対位置に交替されれば、図4の(c)に図示されたように、パターン生成部15によって生成される信号強度の変化パターンは、複数の時点で推定された移動ノード1の複数の相対位置で複数回受信された信号の強度の連続した羅列で表現される。したがって、パターン生成部15によって生成される少なくとも1つの信号強度の変化パターンは、複数の時点で推定された移動ノード1の複数の相対位置で複数回受信された少なくとも1つの信号の強度の連続した羅列で表現される少なくとも1つの信号強度の変化パターンであると言える。

20

【0058】

測位サーバ3のデータベースには、本実施例による無線測位サービスが提供される全域で収集した信号強度の分布のパターンを示すラジオマップが保存されている。ユーザが同じ経路によって複数回繰り返して移動するとするとき、その経路の完走にかかる時間は、一般にいずれも異なる。ユーザの移動経路が同一である場合、その経路の完走にかかる時間が互いに異なるとしても、その経路上にいるユーザの複数の位置は同一になる。したがって、ラジオマップに固定ノード2から送出された信号の受信時点を反映することは不可能かつ不必要である。すなわち、ラジオマップは、無線測位サービスが提供される全域で収集した数複数の信号に対して、ある信号を送出した固定ノード2のID、その信号を受信した地点の絶対位置、及びその信号の強度が反映された信号強度の分布パターン形態のマップで表現される。

30

【0059】

本実施例によって移動ノード1の絶対位置を推定するためには、このようなラジオマップにマッチング可能なパターンが生成されねばならない。移動ノード1の測位は、移動ノード1の位置を知らない状態で行われるので、移動ノード1は、各信号強度を各信号の受信時点に関連付けて示した時間ドメインデータを生成した後に、その時間ドメインデータを各信号強度を各信号の受信時点に対応する移動ノード1の相対位置に関連付けて示した空間ドメインデータに変換する。ラジオマップの座標値を付けるために、無線測位サービスが提供される現実世界の地域は、目盛りと目盛りとの距離が一定の格子構造で分割される。ラジオマップ上で、ある地点の絶対位置の値は、このような単位の分解能を有する2次元座標として表現されるので、パターン生成部15によって生成されるパターンは、なるべくラジオマップの座標分解能と同一であるか、倍数比率で低い分解能によって移動ノード1の相対位置が推定されることが望ましい。

40

【0060】

図4の(c)に図示されたように、ユーザが一時的に停止状態にあることにより、移動

50

ノード1の複数の相対位置で受信された複数の信号の強度を示す複数のドットが密集されている。その場合、互いに密集されている複数のドット間最大距離がラジオマップの座標分解能単位、すなわち移動ノード1の相対位置を示すための座標の分解能単位に該当する距離以内であれば、互いに密集されている複数のドットは、まるで1つのドットとして1つの信号強度を示すような効果が発生しつつ、信号強度の変化パターンが生成される結果につながる。例えば、ラジオマップの座標分解能単位が1mであるとしたら、1m内に集中している複数のドットは、まるで1つのドットとして1つの信号強度を示すような効果が発生しつつ、信号強度の変化パターンが生成される結果につながる。

【0061】

図5は、図3の320段階におけるパターン形成に係わる実験結果を示す図面である。図5に図示された実験は、現実世界の時間ドメインで実際に測定された信号の強度値を空間ドメインに変換されることにより、生成される信号強度の変化パターンに係わる理解を助けるためのものである。後述するように、本実施例の信号強度変化パターンは、図5の2次元グラフ形態ではない、固定ノード2のIDが反映された3次元グラフ形態のパターンである。図5の(a)に図示されたように、ユーザは、ワイファイの信号強度を測定するアンドロイドアプリケーションが設けられたスマートフォンを持って建物の通路を徘徊した。アクセスポイント1つが建物の裏側通路の前壁面中央に設けられていた。ユーザは、前進していて左に曲がった後、建物の裏側通路を3回繰り返して行ったり来たりした後で、左に曲がって前進し続けた。この際、ユーザは、アクセスポイントに3回近づいては遠ざかる。

【0062】

図5の(b)のx軸は、アンドロイドアプリケーションによって信号が測定された時点を示す。アンドロイド運営体制は、1.5秒単位でアプリケーションにワイファイ信号が入力されるように設計されているので、図5の(b)のx軸上の時間分解能が1.5秒と表示されている。本実施例による無線測位方法がアンドロイドアプリケーションとして具現されるならば、1.5秒単位でワイファイ信号の提供を受けることができるので、110段階における信号受信時点の間隔も最大1.5秒となる。図5の(b)のy軸は、アンドロイドアプリケーションによって測定された信号強度を示す。図5の(b)に図示された各ドットの高さがアンドロイドアプリケーションによって測定された各信号の強度となる。

【0063】

図5の(b)に図示されたように、建物の裏側通路で測定された信号強度の変化パターンには、3個のピーク(peak)地点が存在する。本実施例によって、各信号の受信時点、PDRを用いて推定された移動ノード1の相対位置に交替すれば、図5の(c)に図示されたような空間ドメインにおけるグラフに変換される。図5の(c)のx軸は、スマートフォンの相対位置を示す。スマートフォンの相対位置は、初期位置に対する移動距離として表示されている。図5の(c)のy軸は、図5の(b)のy軸と同様にアンドロイドアプリケーションによって測定された信号強度を示す。図5の(c)を参照すれば、互いに密集されている複数の相対位置における信号強度は重なって示されるので、時間ドメインにおける3個のピークが空間ドメインで1つのピークとして示されている。

【0064】

図6は、図3に図示された320段階の詳細フローチャートである。図6を参照すれば、図3に図示された320段階は、図3に図示されたパターン生成部15によって実行される次のような段階で構成される。321段階において、ターン生成部15は、ドメイン変換部14から新たな空間ドメインデータを受信する。322段階において、パターン生成部15は、321段階で受信された空間ドメインデータが示す移動ノード1の相対位置、すなわち230段階で推定された相対位置と該相対位置の推定直前に推定された移動ノード1の相対位置の距離差が相対位置を示すための座標の分解能単位に該当する距離以内であるかを確認する。322段階における確認結果、移動ノード1の現在相対位置と直前相対位置との距離差が座標の分解能単位に該当する距離以内であれば、321段階に戻

て、再び新たな空間ドメインデータを受信するまで待機し、そうではなければ、323段階に進む。

【0065】

このように、230段階で推定された相対位置と該相対位置の推定直前に推定された移動ノード1の相対位置の距離差が移動ノード1の相対位置を示すための座標の分解能単位に該当する距離以内であれば、後述する323、324段階におけるパターンデータの生成及び累積は省略されてもよい。上述したように、図3に図示された無線測位方法が複数回繰り返して実行されることにより、移動ノード1の相対位置が複数回測定され、かような複数の相対位置間の最大距離が座標の分解能単位に該当する距離以内である場合に、複数の相対位置に対する複数の信号強度がパターン生成部15におけるパターン生成過程に反映されても、まるで1つの相対位置として1つの信号強度を示すような効果が発生しつつ、信号強度の変化パターンが生成される結果につながる。

10

【0066】

したがって、322段階を経ず、321段階から、直ちに323段階に進んでも、本実施例による測位の正確度に影響を与えなくなる。但し、座標の分解能単位に該当する距離内の複数の位置で信号強度を反復的に表示すれば、パターン生成部15によって生成された信号強度の変化パターンの形態にはほとんど影響を与えないにもかかわらず、かような反復的な信号強度の表示過程は、移動ノード1のグラフィックデータの処理量を増加させることにより、無線測位のリアルタイム性に影響を与える可能性もあるので、移動ノード1のグラフィックデータ処理性能が低い場合に、322段階によるパターンデータの生成及び累積の省略は有用である。

20

【0067】

323段階において、パターン生成部15は、310段階で受信された空間ドメインデータから230段階で推定された移動ノード1の相対位置で少なくとも1つの固定ノード2から受信された少なくとも1つの信号強度のパターンを生成する。323段階において、パターン生成部15によって生成される少なくとも1つの信号強度のパターンは、移動ノード1の移動経路のうち、その空間ドメインデータが示す相対位置でその空間ドメインデータが示す少なくとも1つの固定ノード別にその空間ドメインデータが示す少なくとも1つの信号強度を表示することにより生成される少なくとも1つの信号強度のパターンである。323段階において、パターン生成部15は、310段階で受信された空間ドメインデータに含まれた少なくとも1つの信号強度セット $\{RSS_{mn}, \dots\}_{SD}$ の各信号強度セット RSS_{mn} 別に各信号強度セット RSS_{mn} の信号強度を示す信号強度グラフを生成することにより少なくとも1つの信号強度のパターンを生成する。

30

【0068】

図7は、本実施例による無線測位に使用される信号強度の変化パターンを生成するための3次元空間座標系を示す図面である。図7を参照すれば、3次元空間のx軸は、複数の固定ノード2のIDを一定間隔に並べられた座標軸であり、y軸は、移動ノード1の移動経路を移動ノード1の相対位置を示すための座標の分解能単位で分割した座標軸であり、z軸は、複数の固定ノード2から受信された信号強度の測定範囲を信号強度の測定分解能単位で分割した座標軸である。本実施例が属する技術分野で、通常の知識を有する者であれば、3次元空間のx軸、y軸、z軸それぞれが示す情報は、互いに交換されることを理解できるであろう。例えば、x軸が移動ノード1の相対位置を示し、y軸が固定ノード2のIDを示してもよい。

40

【0069】

図7に図示された3次元空間座標系は、都心の道路のようにユーザや車両の移動経路が決定されている場合を前提とするものであって、測位サーバ3のデータベースに保存されたラジオマップが、このように決まった経路に沿って移動しつつ収集された信号を基盤に構築された場合、後述するラジオマップの信号強度の分布パターンは、移動経路を内包している。すなわち、移動ノード1の現在信号強度の変化パターンがラジオマップ内のある部分と一致する場合、ラジオマップとの比較を通じて移動ノード1が、どのような移動経

50

路のどのような地点に位置しているかが分かる。移動ノード1の移動経路が決まってい
ないか、地上での移動ノード1の位置外に移動ノード1の高さも推定しようとする場合には
、4次元以上の多次元空間座標系に110段階で受信された少なくとも1つの信号強度の
変化パターンが生成される必要がある。

【0070】

本実施例に係わる理解を助けるために、図7のx軸には、ワイファイ網の固定ノード2
に該当するアクセスポイントが10個並べられており、y軸には、移動ノード1を携帯し
ているユーザが1m間隔で10m長に並べられている。したがって、移動ノード1の相対
位置座標の分解能単位が1mである。後述するように、510段階でマップデータが示す
マップと比較される信号強度の変化パターンは、図7に図示されたサイズの3次元空間で
生成された3次元パターンである。すなわち、図7に図示された3次元空間のサイズは、
本実施例による測位が行われる間に、移動ノード1が移動した経路について10m間隔で
マップデータが示すマップと比較される信号強度の変化パターンが生成されることを意味
する。この際、移動ノード1の移動経路上のアクセスポイントの個数は、10個である。
図7に図示された3次元空間座標系は、一例に過ぎず、アクセスポイントの個数と移動ノ
ード1の移動経路の長さは多様に変形設計されてもよい。323段階は、次のような32
31、3232段階に分離され、以下では、図7を参照しつつ、323段階におけるパタ
ーン形成過程を詳細に説明する。

【0071】

3231段階において、パターン生成部15は、3次元空間のx軸に321段階で受信
された空間ドメインデータに含まれたいずれか1つの信号強度セット $RS S_{m n}$ が示す固
定ノードのIDをマッピングし、y軸にその信号強度セット $RS S_{m n}$ が示す移動ノード
1の相対位置をマッピングし、z軸にその信号強度セット $RS S_{m n}$ が示す信号の強度を
マッピングすることで決定される3次元空間の地点にドットを表示する方式であって、そ
の信号強度セット $RS S_{m n}$ の信号強度を示すグラフを生成する。このような信号強度グ
ラフは、ユーザに示すための画面出力用グラフではなく、無線測位に使用される3次元グ
ラフ形態の信号強度の変化パターンが生成される過程を示すための中間段階のグラフィッ
ク要素である。但し、本実施例に係わる理解を助けるために、以下では、信号強度セッ
ト $RS S_{m n}$ 別に信号強度グラフ、いずれか1つの相対位置における信号強度のパターン、
相対位置変化による信号強度の変化パターンが視覚的に認知される形態であると仮定して
説明する。

【0072】

3232段階において、パターン生成部15は、321段階で受信された空間ドメイン
データに含まれた全ての信号強度セット $RS S_{m n}$ に対して3231段階における信号強
度グラフの生成が完了したか否かを確認する。3232段階における確認結果、全ての信
号強度セット $RS S_{m n}$ に対する信号強度グラフ生成が完了したならば、321段階で受
信された空間ドメインデータに対するパターン生成が完了したと見なして、324段階に
進み、そうではなければ、空間ドメインデータに含まれた複数の信号強度セット $RS S_{m n}$
のうち、まだ信号強度グラフ生成がなされていない他の1つの信号強度セット $RS S_{m n}$
を抽出し、3231段階に戻る。

【0073】

このように、パターン生成部15によって生成される少なくとも1つの信号強度のパタ
ーンは、その空間ドメインデータが示す少なくとも1つの固定ノードのIDと、その空間
ドメインデータが示す相対位置に関連付けてその空間ドメインデータが示す少なくとも1
つの信号強度を表示した少なくとも1つの信号強度のパターンを意味する。したがって、
移動ノード1が1つの信号のみ受信した場合であれば、230段階で推定された移動ノ
ード1の相対位置における信号強度のパターンは、1つのドット状になりうる。移動ノ
ード1が複数の信号を受信した場合であれば、230段階で推定された移動ノード1の相対位
置における信号強度のパターンは互いに隣接している複数のドットとして表現される直線
状ないし曲線状であってもよい。

【0074】

324段階において、パターン生成部15は、313段階で生成された少なくとも1つの信号強度のパターンを示すパターンデータをバッファ30に保存されているパターンデータに累積させて保存する。このようなパターンデータの累積によって120段階で測定された少なくとも1つの信号強度の変化パターンが生成される。バッファ30には、マップデータが示すマップと比較される信号強度の変化パターン生成に必要な程度のパターンデータが累積され、さらに多量のパターンデータが累積されうる。後者の場合、バッファ30に累積されたパターンデータの一部から信号強度の変化パターンを生成する。

【0075】

図8は、本実施例による無線測位に使用されるパターンデータの累積をテーブル状に示す図面である。図8の(a)には、バッファ30に累積されたパターンデータがテーブル状に表現されている。320段階において、パターン生成部15は、空間ドメインデータを、図8の(a)のテーブル状にバッファ30に累積させることができる。図8の(a)のテーブルにおいて、「APm」の「m」値は、固定ノード2のIDの順番として3次元空間のx軸の座標値に該当し、「RLn」の「n」値は、移動ノード1の相対位置の順番として3次元空間のy軸の座標値に該当し、「RSS_{m n}」は、「APm」のIDを有する固定ノード2から送出されて移動ノード1の相対位置「RLn」で受信された信号の強度として3次元空間のz軸の座標値に該当する。

【0076】

上述したようなパターン生成部15のパターン生成技法によれば、「APm」の「m」値と「RLn」の「n」値によって決定される2次元平面のいずれか一地点上に「RSS_{m n}」値に該当する高さにドットが表示されるので、図8の(a)に図示された「RSS_{m n}」の集合は、3次元空間で幾何学的なサーフェス(surface)を形成する。このように、320段階において、パターン生成部15は、3次元空間のx軸に、いずれか1つの固定ノードのIDをマッピングし、y軸に、移動ノード1の相対位置をマッピングし、z軸に、その固定ノードから送出され、その相対位置で受信された信号の強度をマッピングすることで決定される3次元空間の地点にドットを表示する方式で移動ノード1の位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化をグラフ化した幾何学的なサーフェス形態の3次元パターンを生成する。バッファ30に累積された空間ドメインデータに含まれた複数の信号強度セットは、図8の(a)のテーブル状にバッファ30に累積されず、メモリ空間の効率的な使用のために、多様な形態にバッファ30に累積される。

【0077】

図9は、本実施例による無線測位に使用される信号強度の変化パターンが生成される一例を示す図面である。図9に図示された3次元空間座標系のスケールは、図7に図示された3次元空間座標系のスケールの10倍であるという仮定下で、ユーザが20m移動したとき、上述したようなパターン生成部15のパターン生成技法によれば、移動ノード1の相対位置は、20回推定され、20個の相対位置それぞれでのパターンによって、その移動距離だけのサーフェス形態の3次元パターンが生成される。図9に図示されたサーフェスは、互いに異なる高さのドットが密集されて形成されたものである。ユーザが、40m、60m、80m移動したとき、その移動距離の追加分だけサーフェス形態の3次元パターンが拡張されることが分かる。サーフェスの屈曲は、互いに隣接している固定ノード2から送出される信号間の強度差、すなわち、互いに隣接している「RSS_{m n}」間の差によって示される。

【0078】

410段階において移動ノード1のクラスタ選定部16は、110段階で受信された少なくとも1つの信号に基づいて本実施例による測位サービスが提供される全域のクラスタのうち、少なくとも1つのクラスタを選定する。無線測位サービスが提供される全域は、複数のクラスタに分割される。さらに詳細に説明すれば、クラスタ選定部16は、110段階で受信された少なくとも1つの信号に載せられた少なくとも1つの固定ノード2のIDに基づいて移動ノード1が位置している1つのクラスタを選定する。例えば、ある固定

ノード 2 が特定のクラスタだけに信号を送出するか、ある組合わせの複数固定ノード 2 の信号受信が特定のクラスタでしかできない場合には、少なくとも 1 つの固定ノード 2 の ID のみでクラスタが選定されてもよい。

【0079】

クラスタ選定部 16 は、少なくとも 1 つの固定ノード 2 の ID に基づいて移動ノード 1 が位置している 1 つのクラスタが選定できない場合、110 段階で受信された少なくとも 1 つの信号の強度に基づいて、移動ノード 1 が位置している 1 つのクラスタを選定する。例えば、ある固定ノード 2 が、互いに隣接する 2 つのクラスタに信号を送出するか、ある組合わせの複数固定ノード 2 の信号受信が互いに隣接する 2 つのクラスタで可能な場合には、少なくとも 1 つの信号の強度に基づいてクラスタが選定されてもよい。クラスタ選定部 16 は、かように選定されたクラスタにその周辺のクラスタを追加することで、複数のクラスタを選定する。例えば、移動ノード 1 が互いに隣接する 2 つのクラスタの境界に位置する場合や、クラスタの個数を増やすことで、無線測位の正確度を向上させようとする場合に複数のクラスタが選定される。

10

【0080】

420 段階において、移動ノード 1 のマップローダー 17 は、無線通信部 10 を通じて測位サーバ 3 に、310 段階で選定された少なくとも 1 つのクラスタに該当するマップデータの伝送を要請する信号を伝送する。この信号には、410 段階で選定された少なくとも 1 つのクラスタを示すデータが載せられる。430 段階において、測位サーバ 3 は、移動ノード 1 から送信されたマップデータの要請信号を受信すれば、本実施例による測位サービスが提供される全域における信号強度の分布データが記録されたラジオマップからその要請信号が示す少なくとも 1 つのクラスタ、すなわち 410 段階で選定された少なくとも 1 つのクラスタに該当する地域における信号強度の分布パターン形態のマップを示すマップデータを抽出する。ラジオマップは、測位サーバ 3 のデータベースに保存される。

20

【0081】

440 段階において、測位サーバ 3 は、430 段階で抽出されたマップデータを移動ノード 1 に伝送する。450 段階において、移動ノード 1 は、測位サーバ 3 から送信されたマップデータを受信する。例えば、移動ノード 1 は、図 8 の (b) に図示されたようなマップデータを受信する。図 8 の (b) のテーブルにおいて、「APm」の「m」値は、410 段階で選定された少なくとも 1 つのクラスタの地域に設けられた固定ノード 2 の ID の順番であり、「ALn」の「n」値は、移動ノード 1 の絶対位置 (Absolute Location) の順番であり、「RSS_{mn}」は、「APm」の ID を有する固定ノード 2 から送出されて移動ノード 1 の絶対位置「ALn」で受信された信号の強度である。

30

【0082】

移動ノード 1 のバッファ 30 に累積されたパターンデータと測位サーバ 3 から受信されたマップデータは、互いにマッチング可能でなければならないので、マップデータのフォーマットは、パターンデータのフォーマットと同一である。したがって、マップデータに係わる説明は、前記パターンデータに係わる説明に代える。マップデータは、無線測位サービスが提供される地域で収集された数複数の信号の強度をデータベース化して構築されたラジオマップから抽出されたので、図 8 の (b) の「RSS_{mn}」値は、特定値として表示される。移動ノード 1 が測位サーバ 3 のデータベースに保存されたラジオマップを収容することができるほどのデータベースを備えているならば、移動ノード 1 は、その内部のデータベースに保存されたラジオマップからマップデータを抽出することもできる。その場合、420、440、450 段階は、省略され、430 段階は、移動ノード 1 によって行われる。

40

【0083】

510 段階において、移動ノード 1 の比較部 18 は、320 段階で生成された少なくとも 1 つの信号強度の変化パターンと 450 段階で受信されたマップデータが示すマップ、すなわち、移動ノード 1 が位置する地域における信号強度の分布パターン形態のマップを

50

比較することで、マップデータが示すマップ内で、320段階で生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンと最も類似したパターンを有する部分を探し出す。さらに詳細に説明すれば、比較部18は、320段階で生成された少なくとも1つの信号強度の変化をグラフ化した幾何学的なサーフェス形態の3次元パターンと450段階で受信されたマップデータが示すマップとを比較することで、450段階で受信されたマップデータが示すマップ内で、320段階で生成された少なくとも1つの信号強度の変化をグラフ化した3次元パターンのサーフェス形態と最も類似した形態を有するサーフェス部分を探し出す。

【0084】

このように、本実施例は、320段階で生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンと450段階で受信されたマップデータが示す信号強度の分布パターン間のサーフェス相関度 (surface correlation) に基づいて、320段階で生成された少なくとも1つの信号強度の変化パターンが、450段階で受信されたマップデータが示すマップ内のどこに位置するかを決定する。例えば、かようなサーフェス相関度は、本実施例が属する技術分野で通常の知識を有する者に周知されている3次元シェープ (shape) マッチングアルゴリズムを用いて算出されてもよい。520段階において、移動ノード1の絶対位置推定部19は、510段階における比較によって探し出された部分、さらに詳細には、探し出されたサーフェス部分が指すマップの絶対位置を移動ノード1の絶対位置と推定する。

【0085】

このように本実施例は、従来とは異なって、現在受信された信号強度のみを考慮せず、これまでの複数の時点にわたる移動ノード1の位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを用いて移動ノード1の位置を推定するために、かような信号強度の変化パターンの長さを非常に長く設定すれば、移動ノード1の測位のリアルタイム性が落ちる恐れがある。しかし、移動ノード1の現在位置に至るまでの信号の強度変化パターンを示すサーフェスと、マップデータが示す信号強度の分布パターンを示すサーフェスとの間に、そのシェープ類似度を3次元シェープマッチングアルゴリズムを用いて高速であると判断可能なので、複数の時点にわたる信号強度の変化パターンの長さが非常に長い場合にも、移動ノード1の測位のリアルタイム性を保証することができる。

【0086】

図10及び図11は、本実施例によって、移動ノード1の絶対位置が推定される例を示す図面である。図10及び図11に図示された3次元空間座標系のスケールは、図7に図示された3次元空間座標系のスケールと同一であり、図10及び図11の左側に図示された移動ノード1の相対位置基盤のパターン例は、図9に図示された例と同一である。図10及び図11の右側に図示されたマップの絶対位置基盤のパターン例は、100mに至る移動経路に対する信号強度の分布パターンのマップを示す。測位サーバ3が提供したマップデータが示すマップは、図10及び図11の右側に図示されたマップよりも遥かに大きい、紙面サイズの限界によって、図10及び図11の右側には、マップデータが示すマップにおいて、図10及び図11の左側に図示されたパターンとのマッチングに係わる部分のみ図示されている。ユーザが20m移動したとき、図10の(a)の左側に図示されたサーフェス形態の3次元パターンが生成される。

【0087】

上述したようなサーフェス相関度基盤のマッチング技法によれば、比較部18は、図10の(a)の右側に図示されたパターンマップ内で濃く表示された部分を探し出す。同様に、ユーザが40m、60m、80m移動したとき、図10及び図11の(b)、(c)、(d)の左側に図示されたサーフェス形態の3次元パターンが順次に生成される。比較部18は、図10及び図11の(b)、(c)、(d)の右側に図示されたパターンマップ内で濃く表示された部分を順次探し出す。絶対位置推定部19は、510段階で探し出された部分、すなわち、サーフェス部分の複数の絶対位置のうち、230段階で推定された相対位置、すなわち、最後に推定された相対位置に対応する絶対位置を移動ノード1

の絶対位置と推定する。かような相対位置と絶対位置の対応関係は、2つのサーフェス間のシェープマッチング関係から決定される。すなわち、絶対位置推定部19は、510段階で探し出されたサーフェス部分の複数の絶対位置のうち、230段階で推定された相対位置のシェープと最も類似したシェープを有する部分の絶対位置を移動ノード1の絶対位置と推定する。

【0088】

図12は、従来技術と本実施例によるワイファイ測位に係わる比較実験結果を示す図面である。従来の無線測位技術において広く知られたKNN (K-Nearest Neighbor) アルゴリズム、パーティクルフィルタ (Particle Filter) アルゴリズム、パーティクルフィルタとPDRの融合アルゴリズム、及び本実施例によるサーフェス相関度 (SC, Surface Correlation) 基盤の無線測位アルゴリズムをそれぞれアンドロイドアプリケーションとして具現した後、スマートフォンに設け、図5の実験に使用された建物内でワイファイ信号を用いて4種の測位アルゴリズムをそれぞれ行いつつ、同じ経路でスマートフォンを持って移動した。図12には、各測位アルゴリズムによって推定された移動ノードの位置と実際位置の誤差が図示されている。

【0089】

図12において、KNNアルゴリズムの測位誤差は、実線で表示されており、パーティクルフィルタアルゴリズムの測位誤差は、一点鎖線で表示されており、パーティクルフィルタとPDRの融合アルゴリズムの二点鎖線で表示されており、本実施例の測位誤差は、点線で表示されている。図12を参照すれば、パーティクルフィルタとPDRの融合アルゴリズムの測位誤差が、他の測位アルゴリズムに比べて、比較的低いにもかかわらず、本実施例による測位誤差が、従来の測位アルゴリズムに比べて、非常に低いレベルを保持していることが分かる。特に、図12において、本実施例による測位誤差の平均値と最大値とが従来の測位アルゴリズムよりも非常に低い。

【0090】

KNNアルゴリズム、パーティクルフィルタアルゴリズム、パーティクルフィルタとPDRの融合アルゴリズムを含めた複数の無線測位アルゴリズムは、共通して現在受信された信号強度のみを用いて移動ノード1の位置を推定する。通信チャネル間の信号干渉、アクセスポイントの増設、故障や障害物の発生のような無線環境変化によって、ラジオマップ構築ときに収集された信号強度とは異なる信号強度が測定された場合、ラジオマップ内で互いに隣接する地点は、類似した信号強度分布を有するために、従来無線測位アルゴリズムは、移動ノード1の現在位置がその実際位置ではない、隣接した他の位置と推定される確率が非常に高い。ラジオマップ構築ときに収集された信号強度と現在受信された信号の強度との差が大きいほど測位誤差はさらに大きくなる。

【0091】

上述したように、本実施例は、複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを用いて移動ノード1の位置を推定するために、通信チャネル間の信号干渉、アクセスポイントの増設、故障や障害物の発生のような無線環境変化が発生しても、移動ノード1の現在位置の推定値の誤差がほとんど発生しなくなる。すなわち、本実施例は、現在受信された信号の強度だけではなく、移動ノード1が、これまでの経路で受信された過去の信号強度をいずれも考慮し、その信号強度の変化パターンに基づいて移動ノード1の現在位置を推定するために、移動ノード1の現在位置における無線環境変化は、移動ノード1の現在位置の推定にほとんど影響を与えなくなる。

【0092】

従来の無線測位アルゴリズムによって、無線環境変化によって現在受信された信号の強度のみを考慮するとき、推定される移動ノード1の実際位置の隣接地点は、これまでの信号強度の変化パターンが示す経路から外れる地点となる。本実施例によれば、移動ノード1が現在位置している地点における無線環境変化は、移動ノード1がこれまでの経路で受

信された信号強度の変化パターン全体を変化させることができず、かようなパターンの現在時点部分のみを変化させるので、これまでの複数の時点にわたる移動ノードの位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化パターンを用いて移動ノード1の位置を推定すれば、従来の無線測位アルゴリズムによって推定される移動ノード1の実際位置の隣接地点ではない、移動ノード1の実際位置を、移動ノード1の絶対位置と推定する可能性が非常に高い。もちろん、移動ノード1の移動経路上の複数の地点で連続して無線環境変化が発生するならば、測位誤差の発生可能性があるが、かような場合はほとんど発生しない。

【0093】

特に、ある固定ノード2から受信された信号の強度は、その周辺を通るとき、ピークを形成するが、かようなピークは、無線環境変化に大きく影響を受けない傾向がある。したがって、本実施例による測位に使用される信号強度の変化パターンの長さを、その測位のリアルタイム性が保証される限度で現在受信された信号がピークまたはピークの隣接部分ではないにしても、移動ノード1が既に経てきた経路上の複数の信号のピーク部分を含むように十分に延ばせば、無線環境変化に非常に強靱になる。これに加えて、本実施例による測位に使用される信号強度の変化パターン内のピークとピークとの間の位置変化は、相対位置推定による誤差累積のない比較的短い距離内での移動ノード1の相対位置推定によって正確に推定可能なので、無線環境変化が激しい場合にも、移動ノード1の位置推定の正確度が大幅に向上する。

【0094】

上述したように、本実施例による測位に使用される信号強度の変化パターンは、移動ノード1の位置の相対的な変化による少なくとも1つの信号強度の変化をグラフ化した幾何学的なサーフェス形態の3次元パターンであって、移動ノード1のサーフェス形態の3次元パターンとマップデータのサーフェス形態の3次元パターンとの間の比較観点から見れば、移動ノード1の現在位置における無線環境変化は、現在受信された信号の強度に該当するサーフェス部分の高さ誤差だけにつながり、無線環境変化の地点ではない他の地点に該当する大部分のサーフェスには影響を与えなくなる。すなわち、移動ノード1の現在位置における無線環境変化は、サーフェス形態の一部変形を招いても、サーフェスの全体としての形態にほとんど影響を与えない。

【0095】

従来の無線測位アルゴリズムは、現在受信された信号強度の数値値とラジオマップ内に分布された信号強度の数値値とを比較するために、現在受信された信号強度の数値値と最も類似した数値値を有する移動ノード1の実際位置の隣接地点を移動ノード1の位置と誤って推定してしまう結果に至る。本実施例によれば、移動ノード1の現在位置における無線環境変化は、サーフェスの全体としての形態にほとんど影響を与えないので、マップデータが示すマップ内で3次元パターンのサーフェス形態と最も類似した形態を有するサーフェス部分を探し出すとき、現在受信された信号の強度の誤差によって、元々探し出すとするサーフェス部分と異なるサーフェス部分を探し出す可能性は非常に低い。かように、現在受信された信号強度の数値値とラジオマップ内に分布された信号強度の数値値との比較による従来アルゴリズムの測位誤差は、根本的に遮断でき、移動ノード1の測位正確度が大幅に向上することができる。

【0096】

図13は、従来技術と本実施例によるLTE測位に係わる比較実験結果を示す図面である。LTE信号を用いて本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムとKNNアルゴリズムを行いつつ、同じ経路でスマートフォンを持って移動した。図13の(a)には、移動ノード1の実際移動経路「LTE database」について、本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムによって推定された移動経路、KNNアルゴリズムによって推定された移動経路、GPSによって推定された移動経路が図示されている。図13の(b)には、図16の(a)に図示された方式のうち、KNNアルゴリズムと、本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムそれぞれ

によって推定された移動ノード1の位置と実際位置の誤差が図示されている。

【0097】

図13の(a)において、本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムによって推定された移動ノード1の位置は、円形で表示されており、KNNアルゴリズムによって推定された移動ノード1の位置は、方形で表示されており、GPSによって推定された移動ノード1の位置は、三角形で表示されている。図13の(a)を参照すれば、KNNアルゴリズムによって推定された移動ノード1の位置は、移動ノード1の実際移動経路を外れてあちこちに飛ぶ現象が多発している。一方、本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムは、移動ノード1の実際移動経路に沿って安定して移動ノード1の位置が正確に推定されている。特に、本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムは、これまで測位正確度が最も優れると知られたGPSよりも、むしろ移動ノード1の位置が正確に推定されている。

10

【0098】

図13の(b)において、本実施例によるサーフェス相関度基盤の無線測位アルゴリズムの測位誤差は、黒いドットで表示されており、KNNアルゴリズムの測位誤差は、方形で表示されている。図13の(b)を参照すれば、LTE信号を用いて移動ノード1の位置を推定する場合にも、本実施例による測位誤差が従来の測位アルゴリズムに比べて非常に低いレベルを保持している。LTE網の基地局は、その設置において、ワイファイ網のアクセスポイントに比べて、さらに多くの費用が消費されるので、周辺基地局と中継サービス地域とが、なるべく重ならないように、周辺基地局から遠く離れて設けられている。その結果、LTE信号は、室内及び室外全域に均一に分布されているが、信号強度の変化が大きい地域が広いという特性を有している。

20

【0099】

上述したように、従来の無線測位アルゴリズムは、共通して現在受信された信号強度のみを用いて移動ノード1の位置を推定するために、移動ノード1の移動経路上で測位地点間に信号強度の変化がほとんどない場合に、その信号強度だけでは、その測位地点を区別することができず、かつ周辺のノイズに非常に敏感に反応して測位誤差が非常に大きくなる。図13の(a)に図示されたように、従来の無線測位アルゴリズムによって推定された移動ノード1の位置は、移動ノード1の実際移動経路を外れてあちこちに飛ぶ現象が発生する。

30

【0100】

移動ノード1の移動経路上で互いに隣接している測位地点間には、LTE信号の強度変化がほとんどない場合であっても、本実施例による測位に使用される信号強度の変化パターンの長さを、移動ノード1測位のリアルタイム性が保証される限度で、十分に延長させれば、その信号強度の変化パターンの長さに該当する移動距離内では、移動ノード1の正確な位置推定が可能な程度にLTE信号の強度は十分に变化する。これにより、本実施例は、移動ノード1の移動経路上で互いに隣接している測位地点間には、LTE信号の強度変化がほとんどない場合であっても、移動ノード1の位置を正確に推定することができる。

【0101】

このように本実施例は、移動経路上の測定地点間に信号強度の変化がほとんどないLTE信号を用いて移動ノード1の位置を正確に推定可能なので、室内はもとより、室外までもカバーする無線測位サービスの提供が可能である。結果として、本実施例は、建物室内と都心のあちこちに広範囲に分布するLTE信号を用いて高層ビルの影響なしに都心でも高い正確度の室内測位及び室外測位がいずれも可能な車両ナビゲーションシステムや自律走行用の無線測位サービスが提供可能なので、現在車両ナビゲーションシステムとして最も広く使用されているが、室内測位が不可能であり、都心での測位正確度が顕著に低下するGPSを代替することができる。

40

【0102】

以上では、ワイファイ信号とLTE信号とを用いる場合について、従来技術と本実施例

50

との比較実験を行い、本実施例の測位正確度の優越性を説明したが、本実施例による無線測位に用いられる信号には制限がなく、ブルートゥース、ジグビー、ローラのような無線信号の強度を用いて本実施例による測位が行われてもよい。

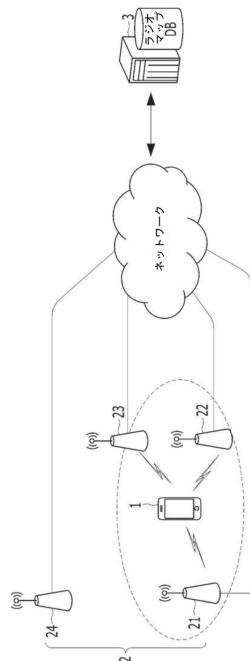
【0103】

一方、上述したような本発明の一実施例による無線測位方法は、コンピュータのプロセッサで実行可能なプログラムとして作成可能であり、このプログラムをコンピュータで読取り可能な記録媒体に記録して実行させるコンピュータとして具現されてもよい。コンピュータは、デスクトップコンピュータ、ノート型パソコン、スマートフォン、エンベデッドコンピュータなど、プログラムを実行させる全てのタイプのコンピュータを含む。また、上述した本発明の一実施例において使用されたデータ構造は、コンピュータで読取り可能な記録媒体に多くの手段を通じて記録されてもよい。コンピュータで読取り可能な記録媒体は、RAM、ROM (Read Only Memory)、マグネチック記録媒体 (例えば、フロッピー、ハードディスクなど)、光学的判読媒体 (例えば、CD-ROM、DVDなど) のような記録媒体を含む。

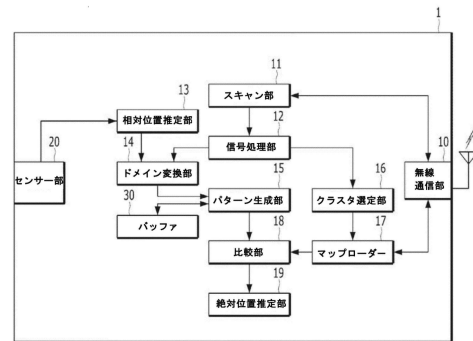
【0104】

以上、本発明についてその望ましい実施例を中心に説明した。本発明が属する技術分野で通常の知識を有する者ならば、本発明が、本発明の本質的な特性から外れない範囲で変形された形状として具現される可能性があるということを理解できるであろう。したがって、開示された実施例は、限定的な観点ではなく、説明的な観点で考慮されねばならない。本発明の範囲は、前述した説明ではなく、特許請求の範囲に示されており、それと同等な範囲内にある全ての相違点は、本発明に含まれたものと解釈されねばならない。

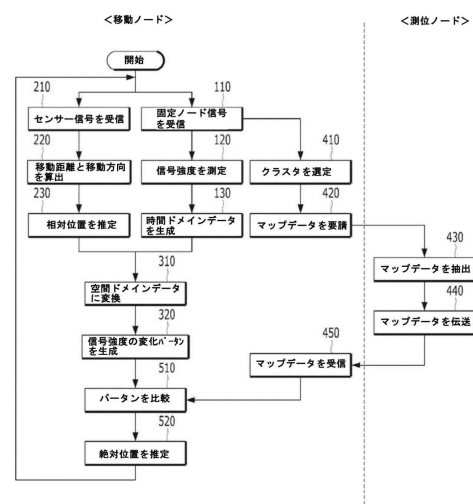
【図1】



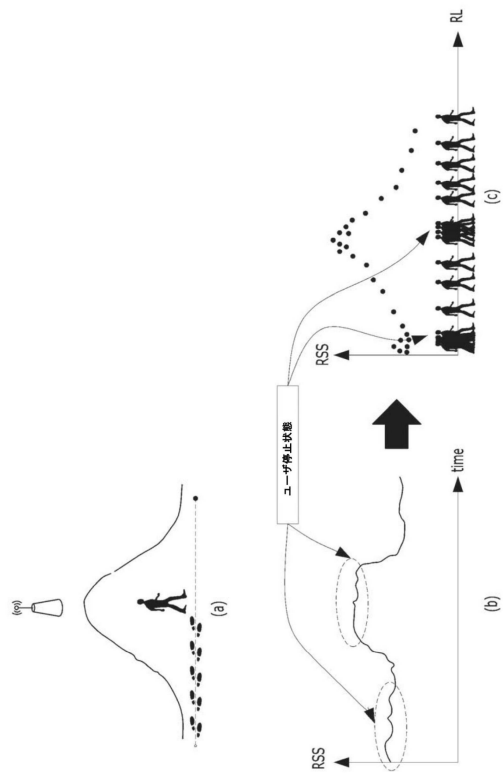
【図2】



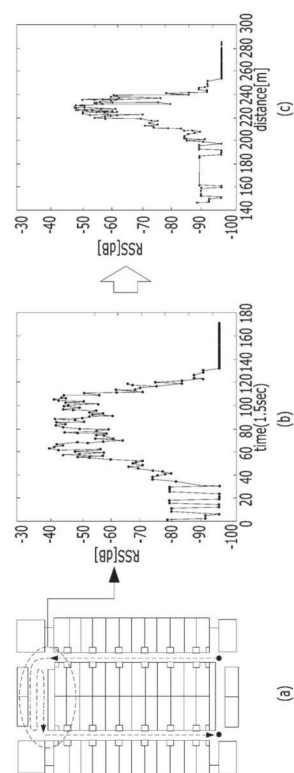
【図3】



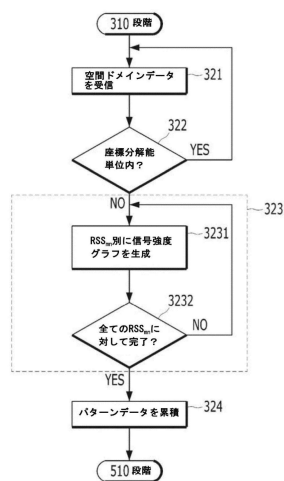
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 8 (a)】

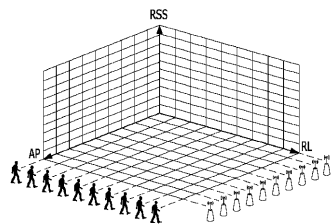
	RL1	RL2	RL3	...	RLn
AP1	RSS ₁₁	RSS ₁₂	RSS ₁₃	...	RSS _{1n}
AP2	RSS ₂₁	RSS ₂₂	RSS ₂₃	...	RSS _{2n}
AP3	RSS ₃₁	RSS ₃₂	RSS ₃₃	...	RSS _{3n}
...	...	...	...	...	...
APm	RSS _{m1}	RSS _{m2}	RSS _{m3}	...	RSS _{mn}

【図 8 (b)】

	AL1	AL2	AL3	...	ALn
AP1	-41	-48	-51	...	-63
AP2	-49	-46	-44	...	-66
AP3	-45	-47	-50	...	-64
...	...	...	...	...	...
APm	-47	-50	-53	...	-65

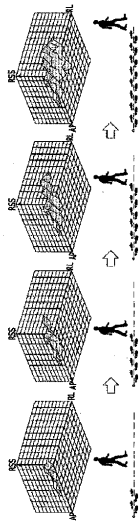
【図 7】

[37]



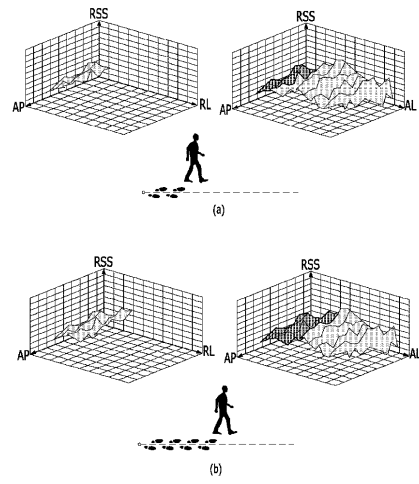
【図 9】

[図9]



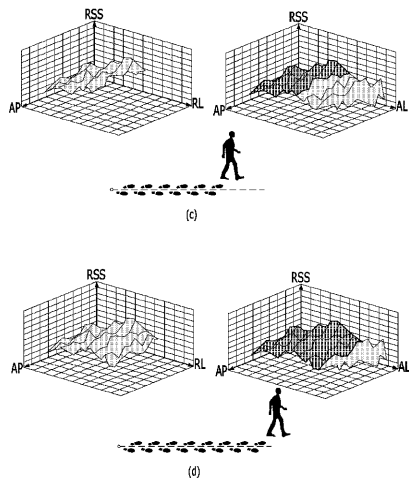
【図 10】

[図10]

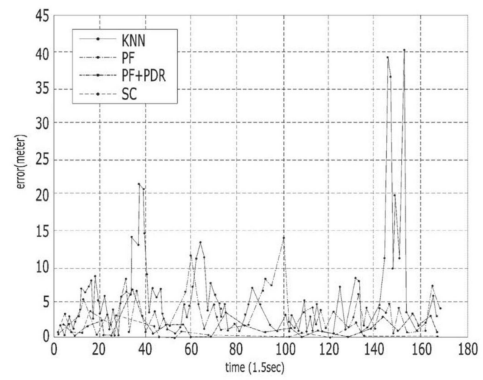


【図 11】

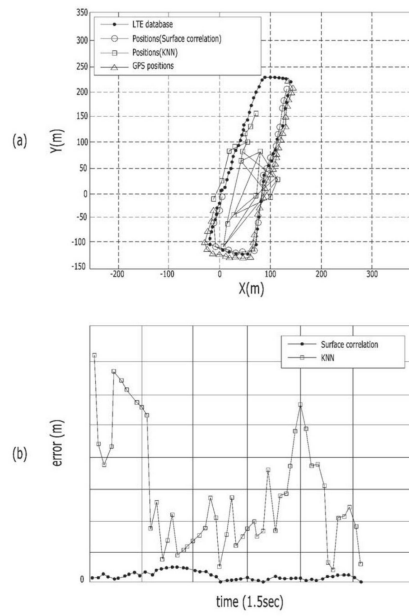
[図11]



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 キム, ジェホン
大韓民国, ソウル 02792, ソンブクーク, ファランノ 14-ギル 5
- (72)発明者 ユ, ボソン
大韓民国, ソウル 02792, ソンブクーク, ファランノ 14-ギル 5
- (72)発明者 シン, ボムジュ
大韓民国, ソウル 02792, ソンブクーク, ファランノ 14-ギル 5
- (72)発明者 バン, ジェウォン
大韓民国, ソウル 02792, ソンブクーク, ファランノ 14-ギル 5

審査官 山下 雅人

- (56)参考文献 特開平11-211807 (JP, A)
特開2015-143647 (JP, A)
特開2016-217917 (JP, A)
特開平07-231473 (JP, A)
特開2017-015562 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------------|
| G01S | 1/00-17/95 |
| H04W | 4/00-99/00 |
| H04B | 7/24- 7/26 |