

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6513310号
(P6513310)

(45) 発行日 令和1年5月15日(2019.5.15)

(24) 登録日 平成31年4月19日(2019.4.19)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 S 5/02 (2010.01) GO 1 S 5/02 Z

請求項の数 11 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2018-555996 (P2018-555996)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成30年6月13日 (2018.6.13)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/022604		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
審査請求日	平成30年10月25日 (2018.10.25)	(74) 代理人	100123434
早期審査対象出願			弁理士 田澤 英昭
		(74) 代理人	100101133
			弁理士 濱田 初音
		(74) 代理人	100199749
			弁理士 中島 成
		(74) 代理人	100188880
			弁理士 坂元 辰哉
		(74) 代理人	100197767
			弁理士 辻岡 将昭
		(74) 代理人	100201743
			弁理士 井上 和真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 航跡推定装置及び携帯情報端末

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

信号源から出力された信号を受信する信号観測部と、
 前記信号観測部により受信された信号の強度から、前記信号観測部を実装している観測対象の位置である観測位置を推定する位置推定部と、
 前記観測対象の航跡を有している1つ以上の仮説のうち、いずれか1つの仮説と前記位置推定部により推定された観測位置とを含む1つ以上の関連仮説を生成する関連仮説生成部と、
 前記位置推定部により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、前記観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部と、
 前記信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、前記関連仮説生成部により生成された1つ以上の関連仮説の中から、1つの関連仮説を選択し、前記選択した関連仮説に含まれている仮説が有している航跡を前記観測対象の航跡に決定する航跡決定部とを備え、
 前記航跡決定部は、前記関連仮説生成部により生成されたそれぞれの関連仮説に含まれている観測位置を用いて、それぞれの関連仮説に含まれている仮説が有している航跡を更新する航跡更新部を備えたことを特徴とする、航跡推定装置。

【請求項2】

信号源から出力された信号を受信する信号観測部と、
 前記信号観測部により受信された信号の強度から、前記信号観測部を実装している観測

対象の位置である観測位置を推定する位置推定部と、

前記観測対象の航跡を有している1つ以上の仮説のうち、いずれか1つの仮説と前記位置推定部により推定された観測位置とを含む1つ以上の相関仮説を生成する相関仮説生成部と、

前記位置推定部により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、前記観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部と、

前記信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、前記相関仮説生成部により生成された1つ以上の相関仮説の中から、1つの相関仮説を選択し、前記選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を前記観測対象の航跡に決定する航跡決定部とを備え、

10

前記航跡決定部は、前記相関仮説生成部により生成されたそれぞれの相関仮説に含まれている観測位置を用いて、それぞれの相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を更新する航跡更新部を備えており、

前記航跡更新部により更新されたそれぞれの航跡の予測処理を実施し、予測処理後のそれぞれの航跡を有している仮説を前記相関仮説生成部に出力する航跡予測部をさらに備えたことを特徴とする、航跡推定装置。

【請求項3】

前記航跡決定部は、

前記信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、前記相関仮説生成部により生成されたそれぞれの相関仮説の評価値を算出する評価値算出部と、

20

前記評価値算出部により算出されたそれぞれの相関仮説の評価値に基づいて、前記相関仮説生成部により生成された1つ以上の相関仮説の中から、1つの相関仮説を選択し、前記選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を前記観測対象の航跡に決定する航跡決定処理部と

を備えていることを特徴とする請求項1記載の航跡推定装置。

【請求項4】

前記位置推定部は、前記信号源から出力された信号を複数の位置でそれぞれ受信した場合の信号強度を示す強度マップを取得し、前記強度マップが示すそれぞれの受信位置での信号強度の中から、前記信号観測部により受信された信号の強度に対応する信号強度を探索し、前記観測位置として、前記強度マップから、前記探索した信号強度に対応する受信位置を取得することを特徴とする請求項1記載の航跡推定装置。

30

【請求項5】

信号源から出力された信号を受信する信号観測部と、

前記信号観測部により受信された信号の強度から、前記信号観測部を実装している観測対象の位置である観測位置を推定する位置推定部と、

前記観測対象の航跡を有している1つ以上の仮説のうち、いずれか1つの仮説と前記位置推定部により推定された観測位置とを含む1つ以上の相関仮説を生成する相関仮説生成部と、

前記位置推定部により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、前記観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部と、

40

前記信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、前記相関仮説生成部により生成された1つ以上の相関仮説の中から、1つの相関仮説を選択し、前記選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を前記観測対象の航跡に決定する航跡決定部とを備え、

前記位置推定部は、前記信号源から出力された信号を複数の位置でそれぞれ受信した場合の信号強度を示す強度マップを取得し、前記1つ以上の仮説に含まれている航跡が示す観測対象の位置の平均位置を算出し、前記強度マップが示すそれぞれの受信位置での信号強度の中から、前記平均位置からの距離が閾値以内の受信位置での信号強度を抽出し、前記抽出した信号強度の中から、前記信号観測部により受信された信号の強度に対応する信号強度を探索し、前記観測位置として、前記強度マップから、前記探索した信号強度に対

50

応する受信位置を取得することを特徴とする、航跡推定装置。

【請求項 6】

前記位置推定部は、前記信号源から出力された信号を複数の位置でそれぞれ受信した場合の信号強度を示す強度マップを取得し、前記 1 つ以上の仮説に含まれている予測処理後の航跡が示す観測対象の位置を探索の初期値に設定して、前記強度マップから、前記観測位置を探索することを特徴とする請求項 2 記載の航跡推定装置。

【請求項 7】

前記信号観測部により複数の信号が受信されており、

前記位置推定部は、前記信号観測部により受信された複数の信号をグループ分けし、グループ毎に、当該グループに含まれている信号の強度から、前記観測位置をそれぞれ推定することを特徴とする請求項 1 記載の航跡推定装置。

10

【請求項 8】

前記信頼度算出部は、前記位置推定部により推定された観測位置の信頼度を算出するほかに、前記確率密度分布を用いて、前記観測位置の雑音である観測雑音を推定し、

前記航跡更新部は、前記相関仮説生成部により生成されたそれぞれの相関仮説に含まれている仮説が有している航跡が示す観測対象の位置及び前記観測雑音のそれぞれを用いて、それぞれの相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を更新することを特徴とする請求項 2 記載の航跡推定装置。

【請求項 9】

前記観測対象の運動諸元を観測する運動諸元観測部を備え、

前記航跡予測部は、前記運動諸元観測部により観測された運動諸元を用いて、前記航跡更新部により更新された航跡の予測処理を実施することを特徴とする請求項 2 記載の航跡推定装置。

20

【請求項 10】

前記航跡更新部は、地図情報を用いて、前記航跡予測部により予測処理が実施される航跡を制限することを特徴とする請求項 2 記載の航跡推定装置。

【請求項 11】

観測対象の航跡を決定する航跡推定装置を備える携帯情報端末であり、

前記航跡推定装置は、

信号源から出力された信号を受信する信号観測部と、

前記信号観測部により受信された信号の強度から、前記信号観測部を実装している観測対象の位置である観測位置を推定する位置推定部と、

30

前記観測対象の航跡を有している 1 つ以上の仮説のうち、いずれか 1 つの仮説と前記位置推定部により推定された観測位置とを含む 1 つ以上の相関仮説を生成する相関仮説生成部と、

前記位置推定部により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、前記観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部と、

前記信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、前記相関仮説生成部により生成された 1 つ以上の相関仮説の中から、1 つの相関仮説を選択し、前記選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を前記観測対象の航跡に決定する航跡決定部とを備え、

40

前記航跡決定部は、前記相関仮説生成部により生成されたそれぞれの相関仮説に含まれている観測位置を用いて、それぞれの相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を更新する航跡更新部を備えたことを特徴とする、携帯情報端末。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、観測対象の航跡を決定する航跡推定装置と、航跡推定装置を備えている携帯情報端末とに関するものである。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

測位方式の1つであるフィンガープリント法では、所定の領域内に存在している観測対象の位置を測位する前に、当該領域内の複数の位置において、或る信号源から送信された信号を受信し、受信した信号の強度を記録する。

そして、フィンガープリント法では、領域内の複数の位置と、受信信号の強度との関係を表す強度マップを作成する。

フィンガープリント法では、観測対象の位置を測位する際、信号源から送信された信号を受信すると、強度マップに含まれている信号強度の中から、受信した信号の強度に近い信号強度を探索する。

そして、フィンガープリント法では、強度マップから、探索した信号強度に対応する位置を取得し、取得した位置を観測対象の位置に決定する。

しかし、マルチパス等の影響によって、領域内の局所的な位置の信号強度が、大きな外れ値となることがある。大きな外れ値となっている信号強度からは、観測対象の位置の測位精度が劣化する。

【 0 0 0 3 】

以下の特許文献1には、領域内の局所的な位置の信号強度が、大きな外れ値となっている場合でも、位置の測位精度の劣化を抑えている位置推定装置が開示されている。

特許文献1に開示されている位置推定装置は、観測対象である携帯端末の状態を予測するためのパーティクルフィルタを用いて、複数の弱位置推定器により推定された電磁波信号の受信位置の重みを計算し、複数の受信位置を重み付け平均している。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献1 】 特開 2 0 1 5 - 1 9 7 4 1 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

特許文献1に開示されている位置推定装置は、複数の受信位置を重み付け平均しているため、大きな外れ値の影響が低減されている。

しかし、特許文献1に開示されている位置推定装置は、携帯端末の位置を測位する際、大きな外れ値を用いていることには変わりがないため、外れ値の影響の低減効果は限定的であり、位置の測位精度が劣化してしまうことがあるという課題があった。

【 0 0 0 6 】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、マルチパス等の影響を受けて、大きな外れ値となっている信号強度を用いることなく、観測対象の航跡を推定することができる航跡推定装置及び携帯情報端末を得ることを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

この発明に係る航跡推定装置は、信号源から出力された信号を受信する信号観測部と、信号観測部により受信された信号の強度から、信号観測部を実装している観測対象の位置である観測位置を推定する位置推定部と、観測対象の航跡を有している1つ以上の仮説のうち、いずれか1つの仮説と位置推定部により推定された観測位置とを含む1つ以上の相関仮説を生成する相関仮説生成部と、位置推定部により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部と、信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、相関仮説生成部により生成された1つ以上の相関仮説の中から、1つの相関仮説を選択し、選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を観測対象の航跡に決定する航跡決定部とを備え、航跡決定部は、記相関仮説生成部により生成されたそれぞれの相関仮説に含まれている観測位置を用いて、それぞれの相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を更新する航跡更新部を備えるようにしたものである。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、位置推定部により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部を設け、航跡決定部が、信頼度算出部により算出された観測位置の信頼度に基づいて、相関仮説生成部により生成された1つ以上の相関仮説の中から、1つの相関仮説を選択し、選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を観測対象の航跡に決定するように、航跡推定装置を構成した。したがって、この発明に係る航跡推定装置は、マルチパス等の影響を受けて、大きな外れ値となっている信号強度を用いることなく、観測対象の航跡を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0009】

【図1】実施の形態1による航跡推定装置を示す構成図である。

【図2】実施の形態1による航跡推定装置における位置推定部10及び追尾処理部20のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

【図3】位置推定部10及び追尾処理部20がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

【図4】位置推定部10及び追尾処理部20がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図5】信号源 s から出力された信号を受信している位置 p_s (m)を示す説明図である。

20

【図6】信頼度算出部22による信頼度 $c o f^s_k$ の算出処理の概要を示す説明図である。

【図7】実施の形態3による航跡推定装置を示す構成図である。

【図8】実施の形態4による航跡推定装置を示す構成図である。

【図9】実施の形態4による航跡推定装置における位置推定部10及び追尾処理部20のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

30

【0011】

実施の形態1 .

図1は、実施の形態1による航跡推定装置を示す構成図である。

図2は、実施の形態1による航跡推定装置における位置推定部10及び追尾処理部20のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

図1において、信号観測部1は、観測対象に実装される。観測対象としては、スマートフォン又はタブレット端末などの携帯情報端末が考えられる。

信号観測部1は、センサ2及び信号受信部3を備えている。

信号観測部1は、信号源から出力された信号を受信し、受信した信号を位置推定部10に出力する。

40

信号源としては、所定の領域内に設置されている無線LAN (Local Area Network) ルータなどのネットワーク機器が該当する。所定の領域は、ショッピングモール又は公共施設などの室内の空間等が考えられ、所定の領域内には、1つ以上の信号源が設置されているものとする。

センサ2は、信号源から出力された信号を受信する。

信号受信部3は、例えば、マッチドフィルタを用いて、センサ2により受信された信号を検知し、検知した信号を信号強度検出部11に出力する。

【0012】

位置推定部10は、信号強度検出部11、強度マップ保存部12及び位置推定処理部13を備えている。

50

位置推定部 10 は、信号観測部 1 により受信された信号の強度から、観測対象の位置である観測位置を推定する。

信号強度検出部 11 は、例えば、図 2 に示す信号強度検出回路 41 によって実現される。

信号強度検出部 11 は、信号受信部 3 から出力された信号の強度を検出し、検出した信号強度を位置推定処理部 13 に出力する。

【 0013 】

強度マップ保存部 12 は、例えば、図 2 に示す強度マップ記録回路 42 によって実現される。

強度マップ保存部 12 は、信号源から出力された信号を領域内の複数の位置でそれぞれ受信した場合の信号強度を示す強度マップを保存している。

観測対象である携帯情報端末の航跡を推定する前に、領域内の複数の位置のそれぞれに受信機が一時的に設置される。強度マップは、複数の受信機によって、信号源から出力された信号が受信され、受信されたそれぞれの信号の強度が、受信機の設置位置毎に記録されることで生成される。

【 0014 】

位置推定処理部 13 は、例えば、図 2 に示す位置推定処理回路 43 によって実現される。

位置推定処理部 13 は、強度マップ保存部 12 により保存されている強度マップを取得する。

位置推定処理部 13 は、強度マップが示す複数の受信位置での信号強度の中から、信号強度検出部 11 から出力された信号強度に対応する信号強度を探索する。

位置推定処理部 13 は、信号強度検出部 11 から出力された信号強度に対応する信号強度として、強度マップが示す複数の受信位置での信号強度の中で、例えば、信号強度検出部 11 から出力された信号強度と最も近い信号強度を探索する。

位置推定処理部 13 は、強度マップにおいて、探索した信号強度と対応付けられている受信位置を、観測対象の観測位置であると推定し、観測位置を相関仮説生成部 21 に出力する。

【 0015 】

位置推定処理部 13 は、強度マップが示す複数の受信位置での信号強度の中から、信号強度検出部 11 から出力された信号強度に対応する信号強度を探索する際、航跡予測部 28 から出力された 1 つ以上の仮説を用いるようにしてもよい。

即ち、位置推定処理部 13 は、航跡予測部 28 から出力された 1 つ以上の仮説に含まれている航跡が示す観測対象の位置の平均位置を算出し、強度マップが示す複数の受信位置での信号強度の中から、平均位置からの距離が閾値以内の位置での信号強度を抽出する。

位置推定処理部 13 は、抽出した信号強度の中から、信号強度検出部 11 から出力された信号強度に対応する信号強度を探索する。

位置推定処理部 13 は、強度マップにおいて、探索した信号強度と対応付けられている受信位置を、観測対象の観測位置であると推定し、観測位置を相関仮説生成部 21 及び信頼度算出部 22 のそれぞれに出力する。

【 0016 】

追尾処理部 20 は、相関仮説生成部 21、信頼度算出部 22、航跡決定部 23 及び航跡予測部 28 を備えている。

相関仮説生成部 21 は、例えば、図 2 に示す相関仮説生成回路 44 によって実現される。

相関仮説生成部 21 は、航跡予測部 28 から出力された 1 つ以上の仮説のうち、いずれか 1 つの仮説と、位置推定処理部 13 から出力された観測位置とを含む 1 つ以上の相関仮説を生成する。

相関仮説生成部 21 は、1 つ以上の相関仮説を信頼度算出部 22 及び評価値算出部 24 のそれぞれに出力する。

10

20

30

40

50

(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field - Programmable Gate Array)、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

【 0 0 2 2 】

位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 の構成要素は、専用のハードウェアで実現されるものに限るものではなく、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 がソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせで実現されるものであってもよい。

ソフトウェア又はファームウェアはプログラムとして、コンピュータのメモリに格納される。コンピュータは、プログラムを実行するハードウェアを意味し、例えば、CPU (Central Processing Unit)、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、あるいは、DSP (Digital Signal Processor) が該当する。

10

【 0 0 2 3 】

図 3 は、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合、強度マップ保存部 1 2 がコンピュータのメモリ 5 2 に構成される。信号強度検出部 1 1、位置推定処理部 1 3、相関仮説生成部 2 1、信頼度算出部 2 2、航跡決定部 2 3 及び航跡予測部 2 8 の処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムがメモリ 5 2 に格納される。そして、コンピュータのプロセッサ 5 1 がメモリ 5 2 に格納されているプログラムを実行する。

20

図 4 は、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合の処理手順を示すフローチャートである。

【 0 0 2 4 】

また、図 2 では、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 の構成要素のそれぞれが専用のハードウェアで実現される例を示し、図 3 では、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される例を示している。しかし、これに限るものではなく、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 における一部の構成要素が専用のハードウェアで実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェアなどで実現されるものであってもよい。

30

【 0 0 2 5 】

次に、図 1 に示す航跡推定装置の動作について説明する。

図 1 に示す航跡推定装置では、U 個の信号源 s ($s = 1, 2, \dots, U$) があり、センサ 2 が、U 個の信号源 s からの U 個の信号を受信するものとする。

航跡推定装置が、観測対象の航跡を推定する前に、信号源 s 毎の強度マップ h_s が強度マップ保存部 1 2 に保存される。

強度マップ h_s は、図 5 に示すように、信号源 s から出力された信号を領域内の位置 p_m ($m = 1, 2, \dots, M$) でそれぞれ受信した場合の信号強度 $h_s(m)$ を示すものである。

40

図 5 は、信号源 s から出力された信号を受信している位置 $p_s(m)$ を示す説明図である。

図 5 において、 $p_s(m)$ は、信号源 s から出力された信号を受信している位置 $p_s(m)$ を示している。図 5 では、 $p_s(m)$ が、2 次元配置されている。

【 0 0 2 6 】

観測対象である携帯情報端末を保持しているユーザが所定の領域内に進入すると、センサ 2 は、U 個の信号源 s から出力された信号をそれぞれ受信し、U 個の受信信号を信号受信部 3 に出力する。

信号源 s から出力された信号には、信号源 s を特定するための識別符号が付加されているものとする。

50

信号受信部 3 は、センサ 2 から時刻 k における U 個の受信信号を受けると、例えば、マッチドフィルタを用いて、 U 個の受信信号をそれぞれ検知し、検知した U 個の受信信号を信号強度検出部 11 に出力する。

時刻は、位置推定部 10 及び追尾処理部 20 におけるそれぞれのサンプリング時刻である。例えば、時刻 k は、今回のサンプリング時刻であり、時刻 $k - 1$ は、前回のサンプリング時刻である。

【0027】

信号強度検出部 11 は、信号受信部 3 から時刻 k における U 個の受信信号を受けると、時刻 k における U 個の受信信号の強度 str^s_k をそれぞれ検出し、検出した U 個の信号強度 str^s_k を位置推定処理部 13 に出力する（図 4 のステップ ST1）。

10

位置推定処理部 13 は、航跡予測部 28 から出力された 1 つ以上の仮説 H^i_{k-1} (i は、 $1, 2, \dots, I$) が有している航跡 $x^i_{k|k-1}$ が示す観測対象の位置 p^i の平均位置 p^i_{ave} を算出する。

i 番目の仮説 H^i_{k-1} には、時刻 $k - 1$ における相関仮説の評価値 c^i_{k-1} と、時刻 $k - 1$ における観測対象の航跡 $x^i_{k|k-1}$ とが含まれている。

i 番目の仮説 H^i_{k-1} は、以下の式 (1) のように表される。

$$H^i_{k-1} = \{c^i_{k-1}, x^i_{k|k-1}\} \quad (1)$$

【0028】

20

位置推定処理部 13 は、信号強度検出部 11 から時刻 k におけるそれぞれの信号強度 str^s_k を取得する。

位置推定処理部 13 は、強度マップ h_s 毎に、当該強度マップ h_s が示す位置 $p_s(1) \sim p_s(M)$ での信号強度 $h_s(1) \sim h_s(M)$ の中から、平均位置 p^i_{ave} からの距離が閾値 L_{th} 以内の位置での信号強度を抽出する。平均位置 p^i_{ave} は、確率変数である p^i の平均値（期待値）である。

閾値 L_{th} は、位置推定処理部 13 の内部メモリに格納されているものとしてもよいし、外部から与えられるものとしてもよい。

ここでは、説明の便宜上、位置推定処理部 13 が、 N 個の信号強度を抽出したものとする。 N 個の信号強度を $h_s(1) \sim h_s(N)$ のように表記する。

30

位置推定処理部 13 は、抽出した N 個の信号強度 $h_s(1) \sim h_s(N)$ の中から、時刻 k の信号強度 str^s_k と最も近い信号強度 $h_s(n)$ を探索する。

U 個の信号源 s に対応する強度マップ h_s があるため、位置推定処理部 13 によって、 U 個の信号強度 $h_s(n)$ が探索される。

位置推定処理部 13 は、 U 個の強度マップ h_s のそれぞれから、探索した信号強度 $h_s(n)$ と対応付けられている位置 $p_s(n)$ を取得し、それぞれの位置 $p_s(n)$ を観測対象の観測位置 z^s_k であると推定する（図 4 のステップ ST2）。

位置推定処理部 13 は、観測対象の観測位置 z^s_k を相関仮説生成部 21 及び信頼度算出部 22 のそれぞれに出力する。

U 個の信号源 s に対応する強度マップ h_s があるため、位置推定処理部 13 によって、 U 個の観測位置 z^s_k が相関仮説生成部 21 及び信頼度算出部 22 に出力される。

40

【0029】

相関仮説生成部 21 は、航跡予測部 28 から出力された 1 つ以上の仮説 H^i_{k-1} の中のいずれか 1 つの仮説 H^i_{k-1} が有している評価値 c^i_{k-1} 及び航跡 $x^i_{k|k-1}$ と、 U 個の観測位置 z^s_k の中のいずれか 1 つの観測位置 z^s_k とを含む相関仮説 $CH^{j,s}_k$ を生成する（図 4 のステップ ST3）。

j 番目の相関仮説 $CH^{j,s}_k$ は、以下の式 (2) のように表される。

$$CH^{j,s}_k = \{c^i_{k-1}, x^i_{k|k-1}, z^s_k\} \quad (2)$$

50

式(2)において、 $j = 1, 2, \dots, I \times U$ である。

また、相関仮説生成部21は、位置推定処理部13から出力されたU個の観測位置 z^s_k の全てが正しくないと仮定し、観測位置 z^s_k を含まない相関仮説 $CH^{j,s}_k$ も生成する(図4のステップST3)。

$$CH_k^{0,i} = \{c_{k-1}^i, x_{k|k-1}^i\} \quad (3)$$

相関仮説生成部21は、相関仮説 $CH^{j,s}_k$ 及び相関仮説 $CH^{0,i}_k$ のそれぞれを信頼度算出部22及び評価値算出部24のそれぞれに出力する。

【0030】

信頼度算出部22は、位置推定処理部13からU個の観測位置 z^s_k を受けると、信号強度の確率密度分布 f_s を用いて、観測位置 z^s_k の信頼度 cof^s_k を算出する(図4のステップST4)。

以下、信頼度算出部22による信頼度 cof^s_k の算出処理を具体的に説明する。

図6は、信頼度算出部22による信頼度 cof^s_k の算出処理の概要を示す説明図である。

観測位置 z^s_k の信頼度 cof^s_k は、観測位置 z^s_k が、真の位置 z_T から以内に存在する確率である。

【0031】

ある位置 a での信号源 s の強度の観測値は、次の確率密度分布に従う。

$$f_s(v; h_s(a), \sigma_s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_s^2}} \exp\left(-\frac{(v - h_s(a))^2}{2\sigma_s^2}\right) \quad (4)$$

式(4)において、 v は、強度の観測値を表す変数であり、 $f_s(v)$ は、平均が $h_s(a)$ であり、分散が σ_s^2 の正規分布である。

真の位置 z_T から以内の範囲 $\{y; |y - z_T| \dots\}$ を Y とおくと、 Y の強度の範囲 D は、以下の式(4')のように表される。

$$D = [\min(h_s(y_1), \max(h_s(y_2))), y_1, y_2 \in Y] \quad (4')$$

この強度の範囲 D で、強度の観測値の確率密度分布を積分することで、以下の式(5)に示すように、信頼度 cof^s_k を計算する。

$$cof_k^s = \int_D f_s(v; h_s(z_T), \sigma_s) \delta z \quad (5)$$

上記の説明では、信頼度 cof^s_k の計算において真の位置 z_T を用いたが、真の位置は未知であるため、代わりに例えば相関仮説 $CH^{j,s}_k$ に含まれる航跡 $x_{k|k-1}^j$ の平均位置 $p_{a_{ve}}^j$ を用いる。

信頼度算出部22は、観測位置 z^s_k の信頼度 cof^s_k を評価値算出部24及び航跡更新部25のそれぞれに出力する。

【0032】

評価値算出部24は、信頼度算出部22から観測位置 z^s_k の信頼度 cof^s_k を受けると、観測位置 z^s_k の信頼度 cof^s_k に基づいて、相関仮説生成部21から出力された相関仮説 $CH^{j,s}_k$ の評価値 $c^{j,s}_k$ 及び相関仮説 $CH^{0,s}_k$ の評価値 $c^{0,s}_k$ を算出する(図4のステップST5)。

即ち、評価値算出部24は、相関仮説 $CH^{j,s}_k$ の評価値 $c^{j,s}_k$ については、以下の式(6)に示すように算出する。

$$c_k^{j,s} = c_{k-1}^{j,s} \times g \times cof_k^s \quad (6)$$

式(6)において、 g は、相関仮説 $CH^{j,s}_k$ に含まれている航跡 $x_{k|k-1}^j$ の

10

20

30

40

50

尤度である。

$c_k^{j,s}$ は、相関仮説 $CH_k^{j,s}$ の評価値であり、式 (1) に示す評価値 $c_k^{i,s}$ と対応している。

【0033】

評価値算出部 24 は、相関仮説 $CH_k^{0,s}$ の評価値 $c_k^{0,s}$ については、以下の式 (7) に示すように算出する。

$$c_k^{0,s} = c_{k-1}^{j,s} \times \beta_{FT} \times (1 - cof_k^s) \quad (7)$$

式 (7) において、 β_{FT} は、不要信号の発生率である。

不要信号の発生率 β_{FT} は、評価値算出部 24 の内部メモリに格納されているものとしてもよいし、外部から与えられるものとしてもよい。

評価値算出部 24 は、評価値 $c_k^{j,s}$ を含む時刻 k の相関仮説 $CH_k^{j,s}$ を航跡更新部 25 に出力する。

$$CH_k^{j,s} = \{c_k^{j,s}, x_{k|k-1}^i, z_k^s\} \quad (8)$$

また、評価値算出部 24 は、評価値 $c_k^{0,s}$ を含む時刻 k の相関仮説 $CH_k^{0,s}$ を航跡更新部 25 に出力する。

$$CH_k^{0,s} = \{c_k^{0,s}, x_{k|k-1}^i\} \quad (9)$$

【0034】

航跡更新部 25 は、評価値算出部 24 から時刻 k における相関仮説 $CH_k^{j,s}$ 及び相関仮説 $CH_k^{0,s}$ を受けると、相関仮説 $CH_k^{j,s}$ に含まれている観測位置 z_k^s を用いて、相関仮説 $CH_k^{j,s}$ に含まれている航跡 $x_{k|k-1}^i$ を更新する (図 4 のステップ ST6)。

航跡 $x_{k|k-1}^i$ の更新は、以下の式 (10) に示すように、カルマンフィルタを用いて行うことができる。相関仮説 $CH_k^{0,s}$ については、観測位置 z_k^s を含んでいないため、更新を行わない。

$$x_{k|k}^i = x_{k|k-1}^i + K_k^i (z_k^s - f(x_{k|k-1}^i)) \quad (10)$$

式 (10) において、 $x_{k|k}^i$ は、時刻 k における更新後の航跡、 $x_{k|k-1}^i$ は、更新される前の航跡である。

K_k^i は、時刻 k における i 番目の相関仮説 $CH_k^{j,s}$ 、 $CH_k^{0,s}$ に含まれている航跡のカルマンゲイン行列である。 $f(\cdot)$ は、航跡 $x_{k|k-1}^i$ を観測位置に変換する関数である。

航跡更新部 25 は、更新後の航跡 $x_{k|k}^i$ を含む相関仮説 $CH_k^{j,s}$ 及び相関仮説 $CH_k^{0,s}$ を航跡決定処理部 26 及び仮説保存部 27 のそれぞれに出力する。

更新後の航跡 $x_{k|k}^i$ を含む相関仮説 $CH_k^{j,s}$ 及び相関仮説 $CH_k^{0,s}$ は、以下の式 (11) 及び式 (12) のように表される。

$$CH_k^{j,s} = \{c_k^{j,s}, x_{k|k}^i, z_k^s\} \quad (11)$$

$$CH_k^{0,s} = \{c_k^{0,s}, x_{k|k}^i\} \quad (12)$$

【0035】

航跡決定処理部 26 は、航跡更新部 25 から相関仮説 $CH_k^{j,s}$ 及び相関仮説 $CH_k^{0,s}$

10

20

30

40

50

$\cdot s_k$ を受けると、相関仮説 $CH^j \cdot s_k$ 及び相関仮説 $CH^0 \cdot s_k$ の中から、最も高い評価値を含んでいる相関仮説 CH_{MAX} を選択する（図4のステップST7）。

航跡決定処理部26は、選択した相関仮説 CH_{MAX} に含まれている航跡 $x^i_{k|k}$ を観測対象である携帯情報端末の航跡に決定する（図4のステップST8）。

【0036】

仮説保存部27は、航跡更新部25から出力された相関仮説 $CH^j \cdot s_k$ に含まれている仮説 $\{c^j \cdot s_k, x^i_{k|k}\}$ 及び相関仮説 $CH^0 \cdot s_k$ に含まれている仮説 $\{c^0 \cdot s_k, x^i_{k|k}\}$ を保存する。

以下、説明の簡単化のため、仮説 $\{c^j \cdot s_k, x^i_{k|k}\}$ と仮説 $\{c^0 \cdot s_k, x^i_{k|k}\}$ が H^i_k であるとして説明する。

航跡予測部28は、サンプリング時刻 $k+1$ において、航跡の決定処理を行うことができるようにするため、仮説保存部27により保存されている H^i_k が有している航跡 $x^i_{k|k}$ の予測処理を実施する。

航跡予測部28は、予測処理後の航跡 $x^i_{k+1|k}$ を含む仮説 H^i_{k+1} を位置推定処理部13及び相関仮説生成部21のそれぞれに出力する。

以下、航跡予測部28による航跡の予測処理を具体的に説明する。

【0037】

航跡予測部28は、観測対象の運動方程式を用いて、航跡の予測処理を実施するものとする。

運動方程式として、以下の式(13)に示すように、等速直線運動の運動方程式を用いることができる。

$$x^i_{k+1|k} = Fx^i_{k|k} + \Gamma w$$

$$F = \begin{bmatrix} I_2 & (t_{k+1} - t_k)/I_2 \\ 0 \cdot I_2 & I_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} (t_{k+1} - t_k)/I_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

【0038】

式(13)において、 $x^i_{k+1|k}$ は、 i 番目の仮説 H^i_k に含まれている航跡 $x^i_{k|k}$ の予測結果を表している。

w は、運動の速度の曖昧さを示す平均0の2次元の駆動雑音ベクトルである。

I_2 は、 2×2 の単位行列である。

このとき、観測対象の位置を以下の式(14)で表し、観測対象の速度を以下の式(15)で表すと、航跡 $x^i_{k+1|k}$ は、以下の式(16)のように表される。

$$px^i_{k+1|k}, py^i_{k+1|k} \quad (14)$$

$$vx^i_{k+1|k}, vy^i_{k+1|k} \quad (15)$$

$$x^i_{k+1|k} = (px^i_{k+1|k}, py^i_{k+1|k}, vx^i_{k+1|k}, vy^i_{k+1|k})^T \quad (16)$$

式(16)において、 T は、転置を表す記号である。

【0039】

以上の実施の形態1は、位置推定部10により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部22を設け、航跡決定部23が、信頼度算出部22により算出された観測位置の信頼度に基づいて、相関仮説生成部

10

20

30

40

50

21により生成された1つ以上の相関仮説の中から、1つの相関仮説を選択し、選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を観測対象の航跡に決定するように、航跡推定装置を構成した。したがって、航跡推定装置は、マルチパス等の影響を受けて、大きな外れ値となっている信号強度を用いることなく、観測対象の航跡を推定することができる。

【0040】

図1に示す航跡推定装置では、位置推定処理部13が、強度マップ h_s が示す位置 $p_s(1) \sim p_s(M)$ の中から、平均位置 p_{ave}^i からの距離が閾値 L_{th} 以内の位置での信号強度を抽出している。位置推定処理部13は、最も近い信号強度 $h_s(n)$ の探索処理を軽減するために、信号強度の抽出処理を実施している。

信号源毎の強度マップは、事前に受信した複数の位置での強度を表すものであるが、複数の位置の間の強度を、線形補間などを用いて補完し、より高密度な強度マップを作成して用いてもよい。補関数としては、線形補間、スプライン補間又はガウス過程回帰などを行う関数が考えられる。

位置推定処理部13は、強度マップ h_s 毎に、当該強度マップ h_s が示す位置 $p_s(1) \sim p_s(M)$ の中から、平均位置 p_{ave}^i からの距離が閾値 L_{th} 以内の位置での信号強度を抽出している。さらに、位置推定処理部13は、抽出した信号強度に対し、平均位置 p_{ave}^i での強度マップ上の強度の値 $h_s(p_{ave}^i)$ から閾値 L_{th2} 以内の信号強度のみを再度抽出する処理を行うようにしてもよい。また、上記の説明では、強度マップを「複数の位置の強度」という離散的なデータとしているが、強度マップを連続な強度の関数として表してもよい。具体的には、離散的な強度マップのデータを用いて、スプライン曲面又はガウス過程などのパラメータを推定することで、強度マップを連続で滑らかな関数として表現することができる。

以下、強度マップを連続な関数で表す場合の観測対象の位置の推定方法について述べる。

信号源 s の強度マップを h_s 、時刻 k に観測した信号源 s の強度を str_k^s とすると、推定位置は、例えば、 $(h_s(p) - str_k^s)^2$ が最小値となる位置 p とする。 $(h_s(p) - str_k^s)^2$ の最小値は、例えば、非線形最小二乗法を用いることで求めることができる。

非線形最小二乗法を用いる場合、初期値を決める必要があり、例えば、平均位置 p_{ave}^i を初期値とする。

また、仮説 H_{k-1}^i が有している航跡 $x_{k|k-1}^i$ が示す観測対象の位置 p^i が従う分布からサンプリングした複数のサンプル点を初期値として、それぞれ非線形最小二乗法を行い、非線形最小二乗法後の値が最も小さくなった位置を推定位置としてもよい。複数のサンプル点を初期値とした非線形最小二乗法を行うことで、推定位置が局所解となる可能性を低減できるため、推定精度を改善することができる。

【0041】

また、位置推定処理部13は、信号観測部1により受信された信号源 s 毎の複数の信号をグループ分けし、グループ毎に、当該グループに含まれている信号の強度 str_k^s から、観測位置をそれぞれ推定するようにしてもよい。

以下、グループ毎の観測位置の推定について具体的に説明する。

あるグループ o において選択された信号源のインデックスを q_1, q_2, \dots, q_Q とおく。このとき、選択された信号源は、 $s_{q_1}, s_{q_2}, \dots, s_{q_Q}$ のように表される。

観測位置 z_k^o は、以下の式(17)の $arg\min$ の引数を最小化する位置として求められる。

$$z_k^o = arg \min_p \sum_{t=1}^{t=Q} (h_{s_{qt}}(p) - str_k^{s_{qt}})^2 \quad (17)$$

ここで、強度マップが離散的なデータである場合、観測位置 z_k^o は、強度マップに含

10

20

30

40

50

まれる位置の中で、式(17)の argmin の引数を最小にする位置となる。強度マップが連続的な関数である場合、観測位置 z°_k は、非線形最小二乗法等によって求められた argmin の引数の最小値の位置となる。

【0042】

実施の形態2.

実施の形態2では、信頼度算出部22における観測雑音の推定処理を具体的に説明する。

実施の形態2による航跡推定装置の構成図は、実施の形態1による航跡推定装置と同様に、図1である。

【0043】

カルマンフィルタによって航跡を更新するためには、観測位置の分散共分散行列が必要である。そのため、観測位置の分散共分散行列を、観測した信号源毎の強度の分散と、強度マップから求める処理を具体的に説明する。ここでは、観測雑音が正規分布に従うと仮定する。

【0044】

信頼度算出部22は、相関仮説生成部21から出力された、ある相関仮説 CH^{j, s_k} における観測位置の分散共分散行列の求め方を説明する。 CH^{j, s_k} に含まれる観測位置は、インデックス q_1, q_2, \dots, q_Q で指定される信号源 $s_{q_1}, s_{q_2}, \dots, s_{q_Q}$ から推定されたものとする。このとき、真の位置 z_T におけるヤコビ行列 J は、以下の式(18)のように計算できる。

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial h_{s_{q_1}}}{\partial x}(z_T) & \frac{\partial h_{s_{q_1}}}{\partial y}(z_T) \\ \frac{\partial h_{s_{q_2}}}{\partial x}(z_T) & \frac{\partial h_{s_{q_2}}}{\partial y}(z_T) \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\partial h_{s_{q_Q}}}{\partial x}(z_T) & \frac{\partial h_{s_{q_Q}}}{\partial y}(z_T) \end{bmatrix}^{-1} \tag{18}$$

【0045】

観測した信号源毎の強度の分散が $\sigma_{s_{q_1}}^2, \sigma_{s_{q_2}}^2, \dots, \sigma_{s_{q_Q}}^2$ であるとき、ヤコビ行列 J を用いることで、信頼度算出部22は、観測雑音の分散共分散行列 B を以下の式(19)のように求める。

$$B = JAJ^T$$

$$A = \begin{bmatrix} \sigma_{s_{q_1}}^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{s_{q_2}}^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_{s_{q_Q}}^2 \end{bmatrix} \tag{19}$$

【0046】

ここで、観測した信号源毎の強度の分散は、例えば、強度マップ作成時にあらかじめ計測しておけばよい。また、このとき、複数の位置毎に分散を計測しておき、上記の計算をする際に、位置 z_T に応じた値を $\sigma_{s_{q_1}}^2, \sigma_{s_{q_2}}^2, \dots, \sigma_{s_{q_Q}}^2$ に設定してもよい。

上記の計算では、真の位置 z_T を用いたが、真の位置は未知であるため、代わりに例えば相関仮説 CH^{j, s_k} に含まれる航跡 $x^j_{k|k-1}$ の平均位置 p^j_{ave} を用いればよい。

【0047】

以上の実施の形態2は、信頼度算出部22が、位置推定部10により推定された観測位置の信頼度を算出するほかに、確率密度分布を用いて、観測位置の雑音である観測雑音を

10

20

30

40

50

推定し、航跡決定部 23 が、相関仮説生成部 21 により生成されたそれぞれの相関仮説に含まれている観測位置及び観測雑音のそれぞれを用いて、それぞれの相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を更新するように、航跡推定装置を構成した。したがって、航跡推定装置は、実施の形態 1 よりも、航跡の推定精度を高めることができる。

【0048】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 では、航跡予測部 62 が、運動諸元観測部 61 により観測された観測対象の運動諸元を用いて、仮説保存部 27 により保存されているそれぞれの仮説に含まれている航跡の予測処理を実施する航跡推定装置について説明する。

【0049】

図 7 は、実施の形態 3 による航跡推定装置を示す構成図である。

図 7 において、図 1 と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

運動諸元観測部 61 は、加速度センサ及び角速度センサを備えている。

運動諸元観測部 61 は、観測対象の運動諸元として、加速度センサを用いて、観測対象の加速度を観測するとともに、角速度センサを用いて、観測対象の角速度を観測する。

運動諸元観測部 61 は、観測対象の加速度及び角速度のそれぞれを航跡予測部 62 に出力する。

航跡予測部 62 は、例えば、図 2 に示す航跡予測回路 47 によって実現される。

航跡予測部 62 は、運動諸元観測部 61 から出力された加速度及び角速度のそれぞれを用いて、仮説保存部 27 により保存されているそれぞれの仮説に含まれている航跡の予測処理を実施する。

航跡予測部 62 は、予測処理後のそれぞれの航跡を含む仮説を位置推定処理部 13 及び相関仮説生成部 21 のそれぞれに出力する。

【0050】

次に、図 7 に示す航跡推定装置の動作について説明する。

ただし、運動諸元観測部 61 及び航跡予測部 62 以外は、図 1 に示す航跡推定装置と同様であるため、ここでは、運動諸元観測部 61 及び航跡予測部 62 の動作のみを説明する。

運動諸元観測部 61 は、加速度センサを用いて、観測対象の加速度を観測するとともに、角速度センサを用いて、観測対象の角速度を観測する。

運動諸元観測部 61 は、観測対象の加速度及び角速度のそれぞれを航跡予測部 62 に出力する。

【0051】

航跡予測部 62 は、運動諸元観測部 61 から出力された加速度を 2 回積分することで、時刻 $k-1$ と時刻 k との間の観測対象の移動距離 r を算出する。

また、航跡予測部 62 は、運動諸元観測部 61 から出力された角速度を 1 回積分することで、観測対象における移動方向の変化分 $\Delta\theta$ を算出する。

航跡予測部 62 は、以下の式 (20) に示すように、移動距離 r 及び移動方向の変化分 $\Delta\theta$ を用いて、時刻 $k+1$ の i 番目の仮説に含まれている航跡の予測処理を実施する。

$$x_{k+1|k}^i = \begin{bmatrix} h(x_{k|k}^i) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta r \cos(\theta_{k|k}^i + \Delta\theta)}{t_k - t_{k-1}} \\ \frac{\Delta r \sin(\theta_{k|k}^i + \Delta\theta)}{t_k - t_{k-1}} \\ \frac{\Delta r \sin(\theta_{k|k}^i + \Delta\theta)}{t_k - t_{k-1}} \end{bmatrix} + \Gamma w \quad (20)$$

【0052】

式 (20) において、 $h(x_{k|k}^i)$ は、以下の式 (21) に示すように、航跡 $x_{k|k}^i$ から観測対象の位置のみを抽出する関数である。

10

20

30

40

50

$$h(x_{k|k}^i) = (x_{k|k}^i, y_{k|k}^i)^T \quad (21)$$

また、 $x_{k|k}^i$ は、以下の式(22)に示すように、航跡 $x_{k|k}^i$ に含まれている速度を用いて表すことができる。

$$\theta_{k|k}^i = \tan^{-1} \left(\frac{\dot{y}_{k|k}^i}{\dot{x}_{k|k}^i} \right) \quad (22)$$

10

航跡予測部62は、予測処理後のそれぞれの航跡を含む仮説を位置推定処理部13及び相関仮説生成部21のそれぞれに出力する。

なお、運動諸元が観測できる場合には、航跡予測部62が、式(20)の予測処理と並行して、式(13)の予測処理を行う。そして、航跡予測部62が、式(13)で予測処理したそれぞれの航跡を含む仮説も、位置推定部10及び相関仮説生成部21のそれぞれに出力するようにしてもよい。

上記の処理を行うことで、運動諸元の観測値に大きな誤差があるために、式(20)の予測処理の誤差が大きくなる場合に、式(13)の予測処理の結果を利用できるので、運動諸元の観測値の誤差に影響され難くなる。

【0053】

20

以上の実施の形態3は、航跡予測部62が、運動諸元観測部61により観測された観測対象の運動諸元を用いて、仮説保存部27により保存されているそれぞれの仮説が有している航跡の予測処理を実施するように、航跡推定装置を構成した。したがって、航跡推定装置は、観測対象の運動が変化しても、航跡の予測処理精度の低下を抑えることができる。

【0054】

実施の形態4

実施の形態4では、航跡決定部23が、地図情報を用いて、航跡予測部62により予測処理が実施される航跡を制限する航跡推定装置について説明する。

図8は、実施の形態4による航跡推定装置を示す構成図である。

30

図8は、実施の形態4による航跡推定装置における位置推定部10及び追尾処理部20のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

図8及び図9において、図1及び図2と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

【0055】

地図情報保存部71は、例えば、図9に示す地図情報記録回路48によって実現される。

地図情報保存部71は、地図情報を保存している。

航跡更新部72は、図1に示す航跡更新部25と同様に、評価値算出部24により算出されたそれぞれの相関仮説に含まれている観測位置を用いて、それぞれの相関仮説に含まれている航跡を更新する。

40

航跡更新部72は、更新後の航跡を含むそれぞれの相関仮説のうち、地図情報保存部71により保存されている地図情報を用いて、仮説保存部27に出力する相関仮説を制限する。

図8に示す航跡推定装置では、地図情報保存部71及び航跡更新部72が、図7に示す航跡推定装置に適用されている。しかし、これは一例に過ぎず、地図情報保存部71及び航跡更新部72が、図1に示す航跡推定装置に適用されるものであってもよい。

【0056】

次に、図8に示す航跡推定装置の動作について説明する。

ただし、地図情報保存部71及び航跡更新部72以外は、図1及び図7に示す航跡推定

50

装置と同様であるため、ここでは、地図情報保存部 7 1 及び航跡更新部 7 2 の動作のみを説明する。

航跡更新部 7 2 は、図 1 に示す航跡更新部 2 5 と同様に、評価値算出部 2 4 により算出されたそれぞれの相関仮説に含まれている観測位置を用いて、それぞれの相関仮説に含まれている航跡 $x^i_{k|k-1}$ を更新する。

【0057】

航跡更新部 7 2 は、地図情報保存部 7 1 により保存されている地図情報を用いて、例えば、屋内の柱及び壁など、観測対象である携帯情報端末を所持しているユーザの通行を妨げる位置を確認する。

航跡更新部 7 2 は、更新後のそれぞれの航跡 $x^i_{k|k}$ のうち、ユーザの通行を妨げる位置を通過する航跡については、誤った航跡である可能性が高いため、当該航跡を含んでいる相関仮説を仮説保存部 2 7 に出力する相関仮説から除外する。

航跡更新部 7 2 は、除外せずに残っている相関仮説だけを航跡決定処理部 2 6 及び仮説保存部 2 7 のそれぞれに出力する。これにより、航跡予測部 6 2 によって予測処理が実施される航跡は、実施の形態 1 ~ 3 よりも制限される。

【0058】

以上の実施の形態 4 は、航跡決定部 2 3 が、地図情報を用いて、航跡予測部 6 2 により予測処理が実施される航跡を制限するように、航跡推定装置を構成した。したがって、航跡推定装置は、誤った航跡を除去することができるため、実施の形態 1 ~ 3 の航跡推定装置よりも、位置推定部 1 0 における観測位置の推定精度を高めることができるとともに、

追尾処理部 2 0 における航跡の決定精度を高めることができる。

また、実施の形態 4 の航跡推定装置は、実施の形態 1 ~ 3 の航跡推定装置よりも、仮説及び相関仮説を保存するためのメモリ量を削減することができるとともに、位置推定部 1 0 及び追尾処理部 2 0 におけるそれぞれの処理負荷を軽減することができる。

【0059】

なお、本願発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0060】

この発明は、観測対象の航跡を決定する航跡推定装置に適している。

また、この発明は、航跡推定装置を備えている携帯情報端末に適している。

【符号の説明】

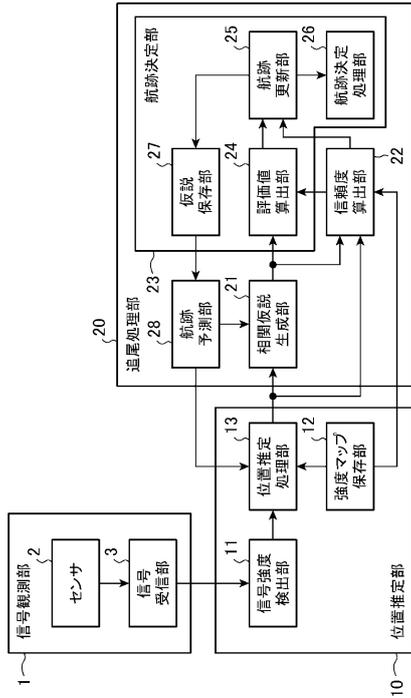
【0061】

1 信号観測部、2 センサ、3 信号受信部、10 位置推定部、11 信号強度検出部、12 強度マップ保存部、13 位置推定処理部、20 追尾処理部、21 相関仮説生成部、22 信頼度算出部、23 航跡決定部、24 評価値算出部、25 航跡更新部、26 航跡決定処理部、27 仮説保存部、28 航跡予測部、41 信号強度検出回路、42 強度マップ記録回路、43 位置推定処理回路、44 相関仮説生成回路、45 信頼度算出回路、46 航跡決定回路、47 航跡予測回路、48 地図情報記録回路、51 プロセッサ、52 メモリ、61 運動諸元観測部、62 航跡予測部、71 地図情報保存部、72 航跡更新部。

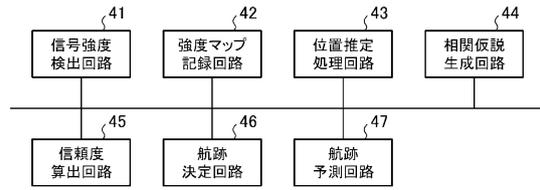
【要約】

位置推定部 (10) により推定された観測位置での信号強度の確率密度分布を用いて、観測位置の信頼度を算出する信頼度算出部 (22) を設け、航跡決定部 (23) が、信頼度算出部 (22) により算出された観測位置の信頼度に基づいて、相関仮説生成部 (21) により生成された 1 つ以上の相関仮説の中から、1 つの相関仮説を選択し、選択した相関仮説に含まれている仮説が有している航跡を観測対象の航跡に決定するように、航跡推定装置を構成した。

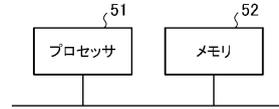
【図1】



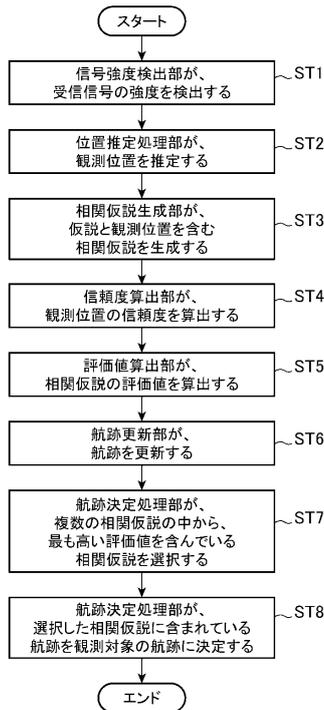
【図2】



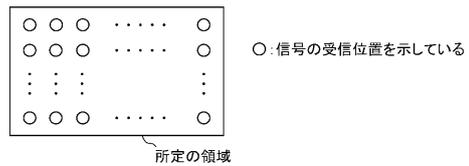
【図3】



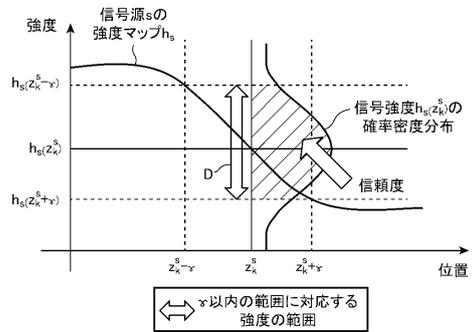
【図4】



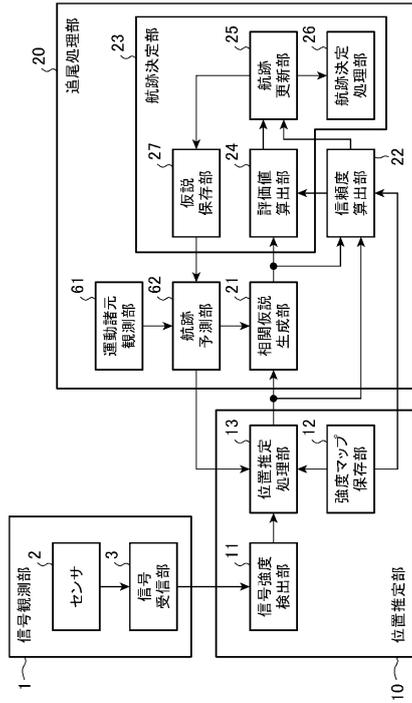
【図5】



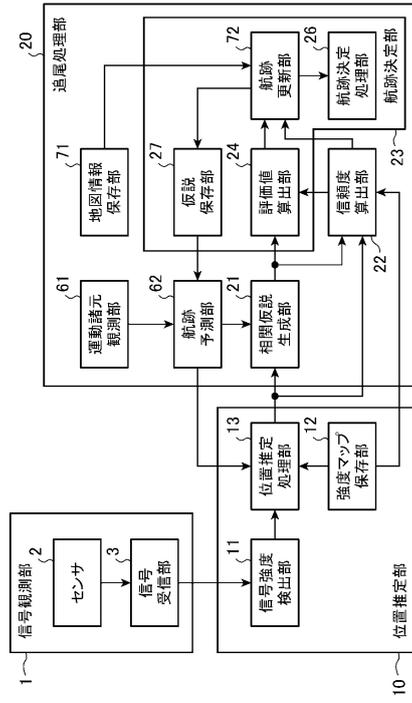
【図6】



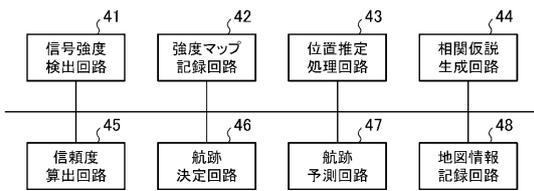
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 中村 将成
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 山田 哲太郎
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 亀田 洋志
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 高 場 正光

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0007779 (US, A1)
特開2003-130948 (JP, A)
米国特許出願公開第2014/0171098 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S 5/00 - G01S 5/14