

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4145800号  
(P4145800)

(45) 発行日 平成20年9月3日 (2008.9.3)

(24) 登録日 平成20年6月27日 (2008.6.27)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 S 5/14 (2006.01)

GO 1 S 5/14

GO 1 S 13/93 (2006.01)

GO 1 S 13/93

Z

請求項の数 24 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-560587 (P2003-560587)  
 (86) (22) 出願日 平成14年12月17日 (2002.12.17)  
 (65) 公表番号 特表2005-515444 (P2005-515444A)  
 (43) 公表日 平成17年5月26日 (2005.5.26)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/040347  
 (87) 国際公開番号 W02003/060545  
 (87) 国際公開日 平成15年7月24日 (2003.7.24)  
 審査請求日 平成17年12月16日 (2005.12.16)  
 (31) 優先権主張番号 10/042, 903  
 (32) 優先日 平成14年1月9日 (2002.1.9)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503084750  
 メイコム インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 O  
 1854, ローウェル、ボーチュケット  
 ブールバード 1011  
 (74) 代理人 000227995  
 タイコエレクトロニクスアンプ株式会社  
 (72) 発明者 パラディー、マイケル、ジョン  
 アメリカ合衆国 O3063 ニューハン  
 プシャー州 ナシュア バイブルウエー  
 10  
 (72) 発明者 ハント、アンドリュー、エバン  
 アメリカ合衆国 O1880 マサチュー  
 セッツ州 ウエークフィールド プロスペ  
 クトストリート 189

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数センサからの距離読み取りに基づいて複数の物体の位置を決定する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各々が多様な距離を計測できる複数の距離センサの距離計測結果に基づき複数の実在物体の位置を決定する方法であって、

- (1) 前記センサから複数の距離計測結果を得る工程と、
- (2) 各々が複数の計測結果に基づく複数の潜在的物体及び該潜在的物体の位置のリストを作成するよう前記複数のセンサの前記距離計測結果を相関付ける工程と、
- (3) 前記潜在的物体のリストを、実在物体である可能性の最も高いものから最も低いものまで順序付ける工程と、
- (4) 前記順序付けられたリストの最も可能性が高い潜在的物体を実在物体として選択する工程と、
- (5) 前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体に基づく前記距離計測結果を決定する工程と、
- (6) 前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体に基づく任意の前記距離計測結果に基づいて前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体よりも序列が低い任意の潜在的物体と共に、前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体を前記順序付けられたリストから除去する工程と、
- (7) 全ての潜在的物体が前記リストから除去されるまで、前記(4)の工程ないし前記(6)の工程を繰り返すことを特徴とする複数の実在物体の位置決定方法。

【請求項 2】

10

20

前記(3)の工程が、

(3.1)潜在的物体が基づく前記距離計測結果の累積誤差を計算する工程と、

(3.2)前記累積誤差計算に従って前記リストを順序付ける工程と

からなることを特徴とする請求項1記載の位置決定方法。

【請求項3】

前記(3.1)の工程が、

(3.1.1)潜在的物体が基づく前記距離計測結果の少なくとも一つについて、前記少なくとも一つの距離計測結果と、前記潜在的物体の前記決定された位置までの少なくとも一つの距離測定結果を生成する前記センサの距離との間の誤差を決定する工程と、

(3.1.2)前記誤差の各々を二乗する工程と、

(3.1.3)前記二乗された誤差を合計する工程と

からなることを特徴とする請求項2記載の位置決定方法。

【請求項4】

前記複数のセンサが少なくとも3個のセンサからなることを特徴とする請求項3記載の位置決定方法。

【請求項5】

前記(2)の工程が、所定数のセンサよりも少ない数の距離計測結果に基づく任意の潜在的物体を前記リストから除く工程を含むことを特徴とする請求項4記載の位置決定方法。

【請求項6】

前記(2)の工程が、任意の1個のセンサからの2以上の距離計測結果に基づくことができる潜在的物体が無いという規則を実行する工程を含むことを特徴とする請求項5記載の位置決定方法。

【請求項7】

前記複数のセンサが4個のセンサからなることを特徴とする請求項4記載の位置決定方法。

【請求項8】

前記(2)の工程が、2個以下のセンサからの距離計測結果に基づく任意の潜在的物体を前記リストから除く工程を含むことを特徴とする請求項7記載の位置決定方法。

【請求項9】

前記(2)の工程において、前記位置は三辺測量により決定されることを特徴とする請求項1記載の位置決定方法。

【請求項10】

前記(2)の工程が、

(2.1)各距離計測結果について、該距離計測結果により画定される複数点の中心を決定する工程と、

(2.2)前記複数点の中心の各々について、どの前記複数点の中心が前記複数点の中心に重なる他のセンサからの距離計測結果に対応するかを決定する工程と、

(2.3)他のセンサからの距離計測結果に対応する少なくとも所定数の他の複数点の中心を交差する全ての複数点の中心に対応する潜在的物体を前記リストに置く工程と

【請求項11】

前記(2)の工程が、

(2.4)各距離計測結果について、該距離計測結果により画定される複数点の中心を決定する工程と、

(2.5)前記複数点の中心の各々について、どの前記複数点の中心が前記複数点の中心に重なる他のセンサからの距離計測結果に対応するかを決定する工程と、

(2.6)他のセンサからの距離計測結果に対応する少なくとも所定数の他の複数点の中心を交差する全ての複数点の中心に対応する潜在的物体を前記リストに置く工程と

からなることを特徴とする請求項7記載の位置決定方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 2】

各々が多様な距離を計測できる複数の距離センサからの距離計測結果に基づき複数の実在物体の位置を決定する方法であって、

(1) 前記センサから複数の距離計測結果を得る工程と、

(2) 各々が前記複数のセンサからの複数の計測結果に基づく複数の潜在的物体及び該潜在的物体の位置のリストを作成して前記複数のセンサの前記距離計測結果を相関付ける工程と、

(3) 前記潜在的物体のリストを、実在物体である可能性の最も高いものから最も低いものまで順序付ける工程と、

(4) 前記順序付けられたリストの最も可能性が高い潜在的物体を実在物体として選択する工程と、 10

(5) 前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体に基づく任意の前記距離計測結果に基づいて前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体よりも序列が低い任意の潜在的物体と共に、前記(4)の工程で選択された前記潜在的物体を前記順序付けられたリストから除去する工程と、

(6) 全ての潜在的物体が前記リストから除去されるまで、前記(4)の工程及び前記(5)の工程を繰り返すことを特徴とする複数の実在物体の位置決定方法。

## 【請求項 1 3】

距離計測結果に基づいて複数の実在物体の位置を決定する装置であって、

各々が多様な距離を計測できる複数の距離センサと、 20

(a) 該距離センサから複数の距離計測結果を得て、(b) 各々が複数の計測結果に基づく複数の潜在的物体及び該潜在的物体の位置のリストを作成するよう前記複数のセンサの前記距離計測結果を相関付け、(c) 前記潜在的物体のリストを、実在物体である可能性の最も高いものから最も低いものまで順序付け、(d) 前記順序付けられたリストの最も可能性が高い潜在的物体を実在物体として選択し、(e) 選択された前記潜在的物体に基づく前記距離計測結果を決定し、(f) 前記選択された潜在的物体に基づく任意の前記距離計測結果に基づいて前記選択された潜在的物体よりも序列が低い任意の潜在的物体と共に、前記選択された潜在的物体を前記順序付けられたリストから除去し、(g) 全ての潜在的物体が前記リストから除去されるまで、前記(d)の工程ないし前記(f)の工程を繰り返すよう構成されたデジタルプロセッサと、 30

を具備することを特徴とする複数の実在物体の位置決定装置。

## 【請求項 1 4】

前記(c)の工程において、前記デジタルプロセッサは、潜在的物体が基づく前記距離計測結果の累積誤差を計算すると共に該累積誤差計算に従って前記リストを順序付けることを特徴とする請求項 1 3 記載の位置決定装置。

## 【請求項 1 5】

前記デジタルプロセッサは、潜在的物体が基づく前記距離計測結果の少なくとも一つについて、前記少なくとも一つの距離計測結果と、前記潜在的物体の前記決定された位置までの少なくとも一つの距離測定結果を生成する前記センサの距離との間の誤差を決定し、前記距離の各々を二乗し、該二乗された距離を合計することを特徴とする請求項 1 4 記載の位置決定装置。 40

## 【請求項 1 6】

前記複数のセンサが少なくとも 3 個のセンサからなることを特徴とする請求項 1 5 記載の位置決定装置。

## 【請求項 1 7】

前記デジタルプロセッサは、少なくとも所定数のセンサからの距離計測結果に基づく潜在的物体のみを前記リストに含めるよう構成されていることを特徴とする請求項 1 6 記載の位置決定装置。

## 【請求項 1 8】

前記(b)の工程が、任意の 1 個のセンサからの 2 以上の距離計測結果に基づくことが 50

できる潜在的物体が無いという規則を実行する工程を含むことを特徴とする請求項 17 記載の位置決定装置。

【請求項 19】

前記複数のセンサが 4 個のセンサからなることを特徴とする請求項 16 記載の位置決定装置。

【請求項 20】

前記デジタルプロセッサは、少なくとも 3 個のセンサからの距離計測結果に基づく潜在的物体のみを前記リストに含めるよう構成されていることを特徴とする請求項 19 記載の位置決定装置。

【請求項 21】

前記デジタルプロセッサは、前記位置を三辺測量により決定することを特徴とする請求項 13 記載の位置決定装置。

【請求項 22】

請求項 13 記載の装置を具備することを特徴とする自動車。

【請求項 23】

複数の一時的に離間した多様な距離計測結果に基づいて前記選択された物体の追跡を決定するよう構成されたプロセッサをさらに具備することを特徴とする請求項 22 記載の自動車。

【請求項 24】

前記追跡に基づいて前記自動車の速度を制御するためのプロセッサをさらに具備することを特徴とする請求項 23 記載の自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数センサの計測に基づく複数の物体の位置決定に関する。より詳細には、本発明は、離間した複数の距離センサにより検知される複数の物体の位置を三辺測量 (trilateration) により決定することに関する。

【背景技術】

【0002】

三辺測量は、複数の公知位置から物体の距離の情報に基づいて空間内の物体の位置を決定する技術である。例えば、公知位置 (例えば、特定の 1 個のセンサ) からの物体の距離の情報は、物体が位置する球面を画定し、球面は、センサの中心に位置する球面であり、計測された距離の値に等しい半径を有する。分離した 2 つの位置 (センサ) からの距離の値は、物体が位置する 2 個の明確な球面を画定する。従って、物体は、円である 2 球面の交差部分により画定される点の中心に位置しなければならない。第 3 の位置 (すなわちセンサ) から物体までの距離が既知である場合、物体は、3 球面全ての交差部分により画定される点の中心に位置することがわかる。多くの実際のシナリオでは、これら 3 球面の交差部分は、物体が位置する単一点を画定する。

【0003】

別の例として、2 次元環境 (又は、少なくとも 2 次元と考えることができる環境) において、2 個のセンサのみから同一物体までの距離読み取りは、2 点で交差する 2 つの円を画定する。しかし、多くの実際のシナリオでは、これら交差部分の 1 点のみがセンサの検知領域内に位置する。

【0004】

距離を計測するが方位計測をしないセンサの一例は、広い方位レーダ反射システムである。関連する技術で周知であるように、公知位置からの無線周波数 (RF) を送信し、同一 (又は別の既知) の位置のビームの反射を受信し、ビームが発射された時間及びセンサに反射が戻る時間の間の遅延時間を検知することができる。遅延時間は、波の速度との積をとることにより、往復距離に変換することができる。

【0005】

10

20

30

40

50

もちろん、レーダビームが画定された方位を有する場合、レーダ検知システムも少なくともある方位情報を提供する。航空交通レーダは、距離及び方位の双方の情報を提供するレーザの周知例である。このようなレーダは、回転する送信アンテナから非常に狭いビームを送信する。従って、距離は反射ビームの遅延から決定でき、他方、方位は、反射ビームの受信時刻でのアンテナの角度方向から決定できる。

【 0 0 0 6 】

實際上、送信器は全 3 6 0 ° 方位で全球面波面を発生することは稀なので、殆ど全てのレーダシステムはいくつかの方位情報を与える。例えば、1 8 0 ° の広さを有するレーダでさえ、( センサが面する方向が知られていると仮定すると ) 方位スペクトルの半分を無くす。

【 特許文献 1 】 独国特許出願公開第 1 9 9 4 9 4 0 9 号明細書

【 特許文献 2 】 独国特許出願公開第 1 9 7 1 1 4 6 7 号明細書

【 特許文献 3 】 国際公開第 0 1 1 5 0 7 0 号パンフレット

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

理論上、上述の例において仮定された視野に単一の点物体がある場合、三辺測量は数学的には簡単である。しかし、実在物体は点物体ではない。例えば、同一の物体を検知する 3 個のセンサは、物体の若干異なる表面を検知するかもしれない、各表面は、本質的には定義により異なった位置にある。さらに、理想的な点物体の場合であっても、各センサはある距離誤差を有するので、各センサの読み取りは、ある量だけ不正確である。従って、実体面において、単一物体の異なる 3 センサからの距離読み取りにより画定される 3 円は、実際には単一点で交差しないおそれがある。むしろ、各 2 円に、すなわち、第 1 円及び第 2 円、第 1 円及び第 3 円、及び第 2 円及び第 3 円に、3 個の近接した交差点があり得る。従って、このような不完全な読み取りに基づく正確な位置を推定するために、種々のアルゴリズムが開発されてきた。

【 0 0 0 8 】

事柄をさらに複雑にすることとして、実体用途において、各センサが複数の反射波面、従って複数の距離読み取りを受信するように、代表的には視野に 1 個以上の物体があるであろう。単に一例として、4 個のセンサがそれぞれ 1 0 個の同一実在物体からの 1 0 反射波面を検知する非常に単純化された例を考えよう。この非常に単純化された例において、 $10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$  の「潜在的物体」が識別されるということ意味する。4 個の各センサが他の 3 個のセンサからの距離円を交差する単一円 ( 又は 3 次元系の場合は単一球面 ) を画定する距離読み取りを有する物体が潜在的に存在することをさらに仮定してみよう。各センサの全ての距離読み取り ( 円 ) が他の 3 個のセンサの距離読み取りと交差する訳ではないことが見込まれ、潜在的物体の数が実質的に 10000 未満であることが見込まれる。しかし、潜在的物体の数は、1 0 個の実在物体を含む実環境において数百であるかもしれない。従って、実際の三辺測量アルゴリズムは、数百の実在物体を表わす視野の潜在的物体、及び実在物体を表わさない視野の潜在的物体 ( 「偽物体」に対応 ) を予測する工程を有するべきである。理想的には、このようなアルゴリズムは、数百の「潜在的物体」を視野の 1 0 個の「実在物体」に削減すべきである。

【 0 0 0 9 】

従って、本発明は、改良された複数物体位置センサ方法及び装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

本発明は、複数物体の三辺測量において偽物体を無くするための方法及び装置を提供することを別の目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

本発明は、複数の距離センサの出力に基づいた三辺測量を用いて、複数の実在物体の位

10

20

30

40

50

置を決定する方法及び装置である。本方法及び本装置によれば、各センサが多様な距離計測結果を提供することができる複数のセンサから複数の距離計測結果が得られる。複数のセンサからの距離計測結果は、相互に相関付けられて潜在的物体のリストを作成する。次に、潜在的物体のリストは、例えば、潜在的物体が基づく個別のセンサ計測結果の計算上の累積誤差に従って物体を順序付けることにより、実在物体である可能性の最も高いものから最も低いものまで順序付ける。次に、潜在的物体の順序付けられたリストは、リストの最も高い序列の潜在物体を選択して実在物体と推測し、次に、選択された物体が基づく任意の計測結果に基づく他の低い序列の潜在的物体をリストから除去することにより、実在物体のより小さいリストに削減する。次に、この工程は、リストの全ての潜在的物体が実在物体として選択されるか又はリストから除去されるまで、リストに残る次に高い序列の潜在的物体に対して繰り返される。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明は、複数の離間したセンサを使用して複数の物体までの距離を検出し、三辺測量を用いて複数の物体の位置を決定する方法及び装置に関する。多数の複雑な形状の物体や偽読み取りがある複雑な環境におけるこのような三辺測量技法に伴う主問題の一つは、実在物体の可能性のあるマップ又はリストに交差球面又は交差円を決定する工程を有する基本的な三辺測量により作成される潜在的物体の数を削減することである。例えば、上述したように、センサが複数の物体から反射を受信する複雑な環境において、識別される潜在的物体の数は、実在物体の数が12個未満の場合、数百になり得る。

20

【0013】

従って、実環境で実際に使用される三辺測量技法では、潜在的物体のリストを実在物体（及びその位置）の合理的に正しい数まで削減できるように、どの潜在的物体が実在物体である可能性があるかを決定するために実行されるべきである。

【0014】

本発明に従った三辺測量技法及び特定の三辺測量技法は、異なる多くの用途及び環境で使用可能である。しかし、本発明は、自動車用途に関する異なる実施形態に関連して以下に説明する。これは本発明の限定ではなく、典型的実施形態に過ぎないことを当業者は理解すべきである。本発明は、移動する自動車の前部の障害物を検知するための一実施形態に関連して特に説明される。このようなシステムは、例えば交通渋滞環境で作動する際に、自動車の前部に車速に直接整合するような、車速を制御するのに車両の前部の障害物すなわち物体のマップが使用されるインテリジェント・ゴー・アンド・ストップ・システムに関連して使用可能である。

30

【0015】

これまでの説明は、センサ読み取りから所与の瞬間の物体位置決定に焦点が当てられていた。しかし、上述のインテリジェント・ゴー・アンド・ストップ・システム等の用途において、検知された物体の追跡（すなわち、方向及び速度）も決定される。このようなシステムにおいて、多様な読み取りが一時的に変位した組が取られ、各組は、視野の物体の位置の静的マップを作成するのに使用される。次に、多様なマップは、物体の追跡（速度及び方法）を決定するために相互に相関付けられる。

40

【0016】

図1は、本発明の典型的な用途を示す平面図である。この典型的用途において、4個のレーダセンサ103が、自動車101の前端に1列に配置されている。これらレーダセンサはパルス化され又は可変周波数センサにしてもよいので、複数の物体111までの距離を計測するために、複数の反射波面を検知し、識別できる。

【0017】

本発明の少なくとも一好適実施形態において、各センサは、メイコム社が製造するモデルMLAU0003-006等の24GHz短距離パルスレーダである。

【0018】

少なくとも一実施形態において、各センサは、非常に短い無線周波数（RF）を放射し

50

た後、センサに戻るパルス反射を検知する。センサは、パルスの発射及び及び反射波面間の遅延を決定し、反射波パルスが反射された物体までの距離を計算する。センサの距離（射程）は、用途に基付くある合理的な距離に限定されるべきである。これは、所定の遅延後に受信された又は所定の大きさ以下の任意の反射波面を無視することにより、行うことができる。或いは又はさらに、距離計測結果の数は、特定の数、例えば最も近い10個の物体に限定することができる。さらに、自動車は地表から離れられないので、自動車用途において、有用な情報の実質損失を生ずることなく、2次元環境を推測するのに合理的であることが多い。

#### 【0019】

さらに、理論的には2個のセンサを2次元三辺測量に使用することができるが、一般的には3個以上のセンサを具備することが必要である。例えば、物体が複雑な形状の物体である場合、1個以上のセンサが所望の視野にある物体からの反射を検知しないことも非常に可能性がある。さらに、3個以上のセンサの使用により、異なる2個のセンサからの読み取りが物体の潜在的な位置を一つというより二つの可能な位置に減少することのみが可能な状況を無くす。3個以上のセンサの使用により、異なる物体の異なるセンサからの距離読み取りが偽物体として解釈される場合、本発明に従って偽物体を減少する手段を提供する。自動車分野において、自動車のバンパに1列に配列された4個のセンサが良好な性能を提供することが判明した。

#### 【0020】

図2は、本発明に従ったインテリジェント車両制御システムのブロック図である。このシステムは、4個の距離センサ201, 203, 205, 207と、これらセンサの距離計測結果出力を受信するよう結合されたデジタルプロセッサ209とを具備する。デジタルプロセッサ209は、これら計測結果を取り込み、アルゴリズム上を走らせてセンサの視野に物体のマップを形成する。実際のストップ・アンド・ゴー車両制御システムにおいて、プロセッサ209は、そのマップを追跡プロセッサ211に出力するかもしれない。追跡プロセッサ211は、そのマップを前のマップと比較して物体の速度及び方向を追跡し、上述のストップ・アンド・ゴー車両制御システムを実施するために、ブレーキ及びアクセル等、自動車の他の部品213を制御する信号を生成する。

#### 【0021】

図3は、4個のセンサアレーから見える単一物体302を含む単純なシミュレーションシナリオを示す。箱201, 203, 205, 207は4個のセンサの位置をそれぞれ示す。半円309, 311, 313, 315は、4個のセンサ201, 203, 205, 207からの距離観測結果をそれぞれ表わす。各距離半円の中心は、観測結果を作成したセンサの位置である。視野に1個の物体を有するこの単純な例において、誤差がなく、物体が1個の反射点を有すると仮定すると、4個の距離半円の全ては単一点321で交差する。この点は、センサアレーに対する検知された物体302の位置である。

#### 【0022】

図4は、自動車が遭遇するより現実的な環境を表わす。しかし、図4に示される環境でさえもやや単純化されている。図4の環境において、同一の4個のセンサ201, 203, 205, 207は、2個の物体、すなわち人401及びボール403を検知する。理想的には、4個のセンサ201, 203, 205, 207の各々は2個の物体のみを検知すべきである、すなわち、各センサは、2つの正確な距離半円を生成すべきである。しかし、実際には、1個以上のセンサが、(a) 1個以上の物体を検知しない、(b) 単一物体から2以上の反射を受信する（特に、物体が大きい場合や、複雑な形状を有する場合）、(c) 単に偽の遠隔データ（テレメトリ）を受信する可能性が高い。図4を単に見ただけで、どの円のどの交点実在物体を表わしているかについて、相当の不明確さがあることが直感的に明らかである。また、3個又は4個の異なるセンサからの半円が交差する場所の多くは、単一点で完全には交差せず、小さな領域にわたって交差するという事実により、物体の正確な位置はさらに不明確になることも明らかである。要するに、どの組の距離計測結果が同一物体の観測結果であるかを決定することは困難である。

## 【 0 0 2 3 】

従って、三辺測量の第 1 工程は、図 3 及び図 4 に示されたマップを作成し、異なるセンサの距離円のどの組合せが実在物体に対応するか、及びその物体の実際の位置はどこかについて合理的な仮定をするのに要するデータをさらに数学的に操作することができる。

## 【 0 0 2 4 】

図 5 は、センサの距離計測結果から実在物体のリストを作成する、本発明に従った三辺測量アルゴリズムを分解した簡単なフローチャートである。図 5 は、基本的には図 2 のプロセス 209 に生ずる工程の分解である。本方法の第 1 工程 501 は、複数のセンサの距離計測結果を分析し、潜在的物体のリストを作成するためにどの距離半円が同一物体に対応するかを識別する。この第 1 工程を単純化するために、通常、或る仮定をすることができる。第一の合理的な仮定は、潜在的物体が基づく距離計測結果の全ては、異なるセンサからのものでなければならないことである。第二に、互いに交差しない、異なるセンサからの円は、同一物体に対応しないと仮定できる。両仮定とも、全ての場合において必ずしも真ではないことに留意されたい。しかし、全体的な枠組において、重大な誤差になるものではない。

## 【 0 0 2 5 】

第三に、潜在的物体が 3 つ又は 4 つのセンサ読み出しに対応する場合にのみ、潜在的物体を考える。すなわち、2 つのセンサ読み出しにのみ基づく任意の潜在的物体を除く。しかし、本発明の好適実施形態において、2 つのセンサ読み出しにのみ基づく潜在的物体は、2 つのセンサ読み出しに基づく潜在的物体を別々に識別し有効にする明確なアルゴリズムで考慮される。

## 【 0 0 2 6 】

各々 10 個の読み出しを生成する 4 個のセンサで前に留意したように、潜在的物体は合計 10000 個ある。しかし、一般的に、1 個のセンサは、所望の視野にある物体からの反射を受信しないことが可能であると仮定しなければならない。従って、一般的に、3 個のみのセンサの距離半円が交差する位置をも考慮しなければならない。例えば、潜在的物体として、3 個のセンサの距離半円が重なり合う位置をも考慮する場合、潜在的物体の最大数は、 $10000+1000+1000+1000+1000=14000$  に増加する。すなわち、4 個のセンサ距離交差部分について上述した可能性のある 10000 の潜在的物体に加え、3 個のセンサの交差する距離半円の 4 通り、すなわち (1) センサ 1, 2, 3、(2) センサ 1, 2, 4、(3) センサ 1, 3, 4、(4) センサ 2, 3, 4 の潜在的組合せがある。各センサは 10 個読み出しを生成することができるので、3 個のセンサの潜在的組合せの各々について  $10 \times 10 \times 10 = 1000$  の潜在的物体があり、3 つの交差する距離半円の合計 4000 の可能性のある組が追加される。

## 【 0 0 2 7 】

もちろん、上述の数は最悪ケースのシナリオである。交差円の組合せの実際の数はいくつかの理由によりかなり少なくなる。第一に、多くの距離半円は重なり合わない。特に、センサ間の空間より大きく異なる 2 個以上のセンサからの任意の 2 距離計測結果 (すなわち半円) は、交差しない。さらに、任意の 1 個以上のセンサは、10 個の反射波面より小さい数を検知するかもしれない。

## 【 0 0 2 8 】

従って、第 1 段階で作成された潜在的物体の数は、潜在的最大数より実質的に小さくなる見込みがあるが、実際には依然として数百になり得る。

## 【 0 0 2 9 】

第 1 段階において、潜在的物体のリストは、関連する距離計測結果に基づいて作成され、各潜在的物体に対して 1 位置が割り当てられる。単一点で完全に交差しない距離計測結果に基づいて位置を推測するためにいくつかのアルゴリズムは、公知である。このような適当な任意のアルゴリズムを使用してもよい。

## 【 0 0 3 0 】

各潜在的物体に対して決定される特定位置は、レンペンバーグ - マルクアルト法等の反

10

20

30

40

50



復最小二乗法を使用して解くことができる非線形問題である。例えば、ウィリアム・プレス他著「Cにおける数値手法」(1999年、ケンブリッジ大学出版)を参照されたい。しかし、我々は、計算負荷を低減するためにより簡単なアルゴリズムを選択する。特に、好適な一実施形態において、潜在的物体が基づく3個又は4個のセンサの互いから最も距離がある2個のセンサ(すなわち、最外の2個のセンサ)からの距離計測結果のみを使用して、潜在的物体の位置を計算する。好適一実施形態において、潜在的物体のリストにさえ載る潜在的物体については、3個又は4個の異なるセンサの交差半円に基づかねばならない。このため、本明細書で説明する特定の実施形態において、物体の存在可能性は3個又は4個のセンサ読み出しに基づくが、その潜在的物体の仮定位置は、これら2つの距離読み出しのみ、すなわち最外のセンサからのセンサ読み出しを用いて計算され、これら2つの距離読み出しのみが交差しなければならない。

10

#### 【0031】

モンテ・カルロ・シミュレーションは、上述の最外センサ法は、反復レンベンバーグ・マルクアルト・アルゴリズムと比較して10%未満だけ正確性が低下する位置結果をもたらす。

#### 【0032】

図5に503で示された本発明の三辺測定の第2段階は、潜在的物体が実在物体に対応する可能性を合理的に推測する測定基準(metric)に従って潜在的物体のリストを区分けすなわち順序付けることである(以下、ランク基準と称する)。この目的のために多くの周知の数学的アルゴリズムがある。本発明の好適な一実施形態において、各潜在的物体の累積誤差が計算される。累積誤差は、特定の潜在的物体が基づく距離計測結果と、第1工程501で決定された潜在的物体の割り当てられた位置との間の差を代表する。より特定すると、累積誤差を生成する簡単であるが効果的なアルゴリズムは、誤差の二乗の合計(すなわちSSE)アルゴリズムである。この技法において、潜在的物体が基づく各距離計測結果と、対応するセンサからの潜在的物体の仮定距離(工程501で潜在的物体の割り当てられた位置から容易に決定される)との間の差が決定される。次に、各々が二乗される。最後に、総合計される。

20

#### 【0033】

特定の実施形態によっては、互いに対して計算されたSSE値を正規化する必要がさらにあり得る。例えば、いくつかの潜在的物体が3つの距離読み出しに基づき、いくつかは4個の距離読み出しに基づく、本明細書で説明した一実施形態において、3つの読み出しに基づく潜在的物体のSSEは、4つの読み出しに基づく潜在的物体のSSEと直接比較することができない。このため、SSEは、例えば潜在的物体が基づくセンサ読み出しの数によりSSEを割ることにより、正規化することができる。

30

#### 【0034】

SSE技法には多くの変形が可能である。上述したように最外の2個のセンサからの距離計測結果のみを使用して潜在的物体の位置を決定する本発明の好適な一実施形態において、測定基準は、潜在的物体の位置に対して内部センサ距離の二乗誤差の合計として計算される。各二乗誤差の項は、センサ計測分散で割ることにより、さらに正規化される。

#### 【0035】

この特定実施形態において、ランク測定基準は、各々が零平均であって単一分散を有する1個又は2個のランダム変数の合計になると考えることができる。各変数も正規で独立していると仮定するなら、ランク測定基準はカイ二乗分布を有する。具体的には、3センサの測定基準は(その1個の内部センサから)1自由度のカイ二乗分布を有するが、他方、4センサの測定基準は2自由度を有する。

40

#### 【0036】

3センサ潜在的物体及び4センサ潜在的物体の双方のランク測定基準は、同一の統計的分布を有すると利点がある。これにより、いずれかの種類を好みバイアス無く、測定基準を使用して物体を互いに直接比較することが可能になる。これを達成するために、3センサ物体のランク測定基準は、2自由度を有する等価なカイ二乗値にマッピングされる。マ

50

ッピング機能は、多項近似により実施することができる。

【 0 0 3 7 】

次に、潜在的物体のリストが、最低測定基準から最高測定基準まで、すなわち最小誤差から最大誤差まで順序付けられる。この順序付けリストは、本質的には 5 0 3 の出力である。

【 0 0 3 8 】

除去は、三辺測量アルゴリズムの第 3 及び第 4 工程であり、図 5 では 0 5 0 で示されている。この段階は、潜在的には数百の潜在的物体を小さい数の実在物体に削減することを含む。工程 5 0 5 におけるこの減少が重要であることは明らかである。例えば、3 個のセンサがあり、各センサは視野に 5 個の同じ実在物体のみを正確に検知する理想例を考えてみよう。任意の 2 個のセンサからの全ての距離の組合せが交差するように、5 個の物体全てが配置されるとさらに仮定してみよう。従って、工程 5 0 1 , 5 0 3 で作成された順序付けリストには  $5 \times 5 \times 5 = 125$  個の潜在的物体がある。理想的には、除去段階 5 0 5 は、1 2 5 個の潜在的物体のリストを 5 個の実在物体に減少させる。これは 96% の減少である。

【 0 0 3 9 】

本発明に従った除去アルゴリズムは、実際には非常に簡単な数学である。最初に、リスト上の最高ランクの潜在的物体、例えば最低の累積誤差を有する潜在的物体が選択され、実在物体であると仮定する。より低いランクを有し、選択された物体に基づく任意の 1 以上の距離計測結果に基づく、リスト上の他の全ての潜在的物体は、偽物体として仮定され、潜在的物体リストから除去される。これら全ての物体が除去された後、リスト上の次に最高のランクの潜在的物体が仮定され、実在物体に対応すると仮定する。次に、再び、より低いランクを有し、選択された物体に基づく任意の 1 以上の距離計測結果に基づく、リスト上の他の全ての潜在的物体も、リストから除去される。リスト上の全ての物体が実在物体として選択されるか、リストから除去されるまで、この工程が続く。

【 0 0 4 0 】

上述の三辺測量アルゴリズムは、4 個のセンサ 2 0 1 , 2 0 3 , 2 0 5 , 2 0 7 が人 4 0 1 及びボール 4 0 3 と対面する図 4 に示される例に適用された。このアルゴリズムは、図 4 に示される 2 つの物体を識別した。従って、このアルゴリズムは、この特定環境の完全に正確なマップを作成した。詳細には、ボール及び人の位置で点物体を正しく識別した。

【 0 0 4 1 】

この実験におけるボール 4 0 3 は、約 76mm の塩化ビニル製のボールであった。このボールは、非金属材料であるため、小さなレーダ半径を有している。このボールは、距離半径 2 0 3 a , 2 0 5 a , 2 0 7 a を生成する 3 個のセンサ 2 0 3 , 2 0 5 , 2 0 7 により観測されたのであって、左端のセンサ 2 0 1 には観測されていない。これはアンテナゲインの考慮のためであった。特に、左端のセンサ 2 0 1 は、そのルックアングルが特定のセンサの照準から最も遠いので、ボールに向かうアンテナゲインが最小である。

【 0 0 4 2 】

人 4 0 1 は、センサアレーに対して最も近い点物体である。人は、センサアレーに対していつも良好に画定された反射点である訳ではない。例えば、センサは、一方の脚、他方の脚、或いはベルトのバックルを検知するかもしれない。異なるセンサは、人の異なる部分を観測するかもしれない。図 4 のシナリオにおいて、人は 4 個のセンサ全てに観測された (距離半径 2 0 1 b , 2 0 3 b , 2 0 5 b , 2 0 7 b を参照されたい)。しかし、1 個のセンサ 2 0 5 は、人に対しては若干短距離 2 0 5 b を知らせた。三辺測量アルゴリズムは、人 4 0 1 を 3 センサ物体として識別し、任意の物体に属するような第 4 センサ距離読み取り 2 0 5 b に関係していない。

【 0 0 4 3 】

左から 2 番目のセンサ 2 0 3 は、二つの偽観測結果を生成した。一つは人及びボール 2 0 3 c の中間であり、もう一つはボール 2 0 3 d を超えている。センサは偽観測結果を知らせることがある。これは、電磁干渉、多経路干渉、又はセンサの不完全さにより生ずる

10

20

30

40

50

のかも知れない。

【 0 0 4 4 】

これまで、2次元用途に主に関連して、全ての物体が点物体であると仮定する三辺測量技法を用いて、本発明を説明したが、これらは単に実施事項に過ぎない。本発明は、3次元環境にも他の形態の物体タイプに仮定しても容易に適用可能である。

【 0 0 4 5 】

高解像度レーダセンサアレーからの距離データを用いて物体を位置決めするために、新規な三辺測量が開発された。さらに、このアルゴリズムは、異なる自動車のシナリオから現実のデータを用いて物体を適当に解明することを明示した。

【 0 0 4 6 】

本発明の特定実施形態を説明したが、当業者には種々の変更、変形、改良が用いできよう。このような本発明の開示から明白であるような変更、変形、改良は、本明細書に明記していなくても本説明の一部をなすよう意図されており、本発明の真髄及び範囲内である。従って、上述の説明は例示のみのためであり、本発明を限定するものではない。本発明は、特許請求の範囲二定義されたもの及びその等価物にのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 7 】

【図1】本発明に従ったセンサシステムを有する自動車の平面図である。

【図2】本発明の特定一実施形態に従ったインテリジェント自動車制御センサシステムのブロック図である。

【図3】理想化された単一の点物体に対する距離計測結果を示す図である。

【図4】第2環境における距離計測結果を示す図である。

【図5】本発明の一側面に従った作動を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【 0 0 4 8 】

1 0 1 自動車

1 1 1 物体

2 0 1 , 2 0 3 , 2 0 5 , 2 0 7 センサ

2 0 9 三辺測量プロセッサ

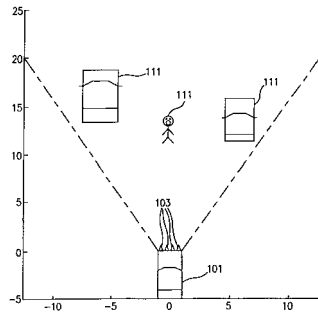
2 1 1 追跡プロセッサ

10

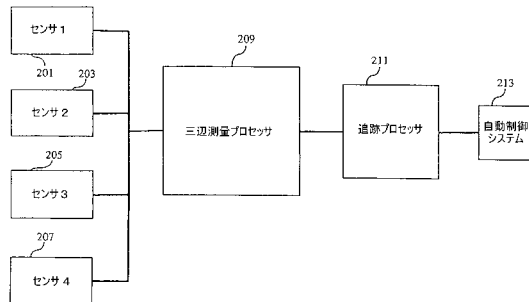
20

30

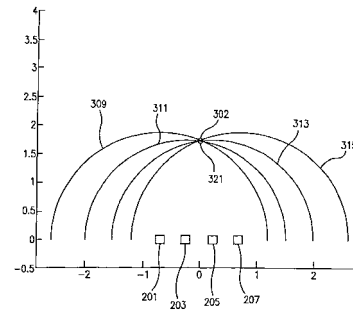
【図 1】



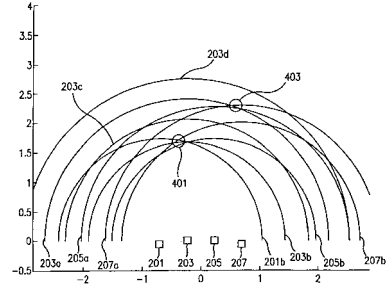
【図 2】



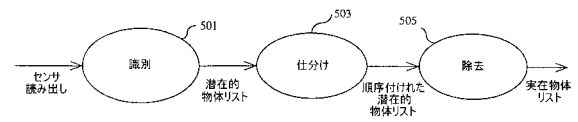
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 フォーディ、ジョン、ジェームズ  
アメリカ合衆国 02132 マサチューセッツ州 ウエストロクスバリー イーストウッドサー  
キット 119

審査官 石井 哲

(56)参考文献 特開平3 - 15782 (JP, A)  
特開2001 - 159680 (JP, A)  
特開2000 - 292538 (JP, A)  
米国特許第6396435 (US, B1)  
国際公開第01 / 15070 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01S 5/00-14  
G01S 13/00-95  
G01S 15/00-96  
JSTPlus(JDreamII)