

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
28 octobre 2010 (28.10.2010)

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2010/122136 A1

PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
G01C 21/16 (2006.01) G01C 25/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2010/055420
- (22) Date de dépôt international :  
23 avril 2010 (23.04.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
0952680 24 avril 2009 (24.04.2009) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
SAGEM DEFENSE SECURITE [FR/FR]; Le Ponant de Paris 27 rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : GAVILLET, Simon [FR/FR]; C/o SAGEM DEFENSE SECURITE, Le Ponant de Paris 27 rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).
- (74) Mandataire : CALLON DE LAMARCK, Jean-Robert; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Déclarations en vertu de la règle 4.17 :  
— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR DETERMINING INERTIAL NAVIGATION PARAMETERS OF A CARRIER AND ASSOCIATED INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE PARAMÈTRES DE NAVIGATION INERTIELLE D'UN PORTEUR ET SYSTÈME DE NAVIGATION INERTIELLE ASSOCIÉ

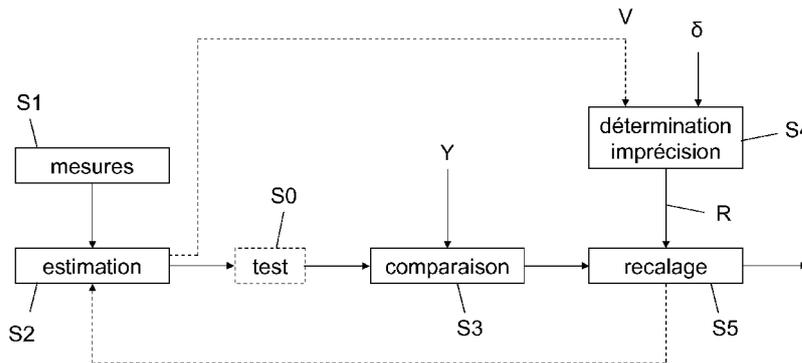


Fig. 1

- S1 Measurements
- S3 Comparison
- S4 Determination of inaccuracy
- S5 Resetting

(57) Abstract : The invention relates to a method for determining inertial navigation parameters of a carrier, including the following steps: taking inertial measurements (S1) of the movement of the carrier, the measurements possibly including inertial errors, estimating (S2) a state including the inertial navigation parameters and the inertial errors, the method being characterised in that it includes the following steps, implemented while the carrier is moving over a substantially even surface in which uncertainty regarding the evenness thereof is limited by a known upper bound ( $\delta$ ): comparing (S3) a navigation parameter according to the vertical component with a predetermined auxiliary datum (Y), determining (S4) an inaccuracy (R) associated with said auxiliary datum (Y) according to the known upper bound ( $\delta$ ), and resetting (S5) said state according to the comparison (S3) and the inaccuracy (R).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2010/122136 A1

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

---

Procédé de détermination de paramètres de navigation inertielle d'un porteur, comprenant des étapes de : - réalisation de mesures inertielle (S1) de déplacement du porteur, les mesures pouvant comprendre des erreurs inertielle, - estimation (S2) d'un état comprenant les paramètres de navigation inertielle et les erreurs inertielle, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, mises en œuvre alors que le porteur se déplace sur une surface sensiblement plane dont une incertitude sur la planéité est limitée par un majorant ( $\delta$ ) connu : - comparaison (S3) d'un paramètre de navigation selon la composante verticale avec une donnée auxiliaire prédéterminée (Y), - détermination (S4) d'une imprécision (R) associée à ladite donnée auxiliaire (Y) en fonction du majorant ( $\delta$ ) connu, et - recalage (S5) dudit état en fonction de la comparaison (S3) et de l'imprécision (R).

## PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE PARAMÈTRES DE NAVIGATION INERTIELLE D'UN PORTEUR ET SYSTÈME DE NAVIGATION INERTIELLE ASSOCIÉ

### 5 DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

L'invention concerne la navigation inertielle dans un porteur.

Plus précisément, elle concerne un procédé, et un système configuré pour réaliser le procédé, de détermination de paramètres de navigation inertielle d'un porteur mis en œuvre alors que le porteur se déplace sur une surface sensiblement plane, comme un avion sur une piste d'aéroport, le  
10 procédé comprenant une étape de mesures inertielles pouvant comprendre une erreur d'inertie qui conduit à estimer de façon inexacte lesdits paramètres.

### 15 ETAT DE L'ART

Un système de navigation inertielle embarqué sur un porteur comprend de manière connue des accéléromètres – généralement trois – mesurant chacun l'accélération du porteur selon un axe, et des gyromètres –  
20 généralement trois – mesurant chacun la vitesse angulaire du porteur autour d'un axe.

A partir de ces mesures inertielles, on estime, par résolution d'un système différentiel donné par un modèle d'état connu de l'art antérieur, un état  
25 comprenant les paramètres de navigation du porteur : coordonnées de vitesse et de position dans un repère prédéterminé, et orientation et vitesse angulaire par rapport à une référence.

La résolution du système différentiel met en œuvre des étapes d'intégration  
30 des mesures inertielles. Les mesures inertielles comportent des erreurs qui, si elles ne sont pas corrigées, se retrouvent ainsi dans les paramètres de navigation. On parle alors de dérive inertielle. En particulier, les

coordonnées de position du porteur estimées à partir des mesures inertielles peuvent être très éloignées de la réalité après un certain temps d'intégration.

- 5 Les erreurs de mesures d'un capteur peuvent provenir d'un biais ou d'un facteur d'échelle, que l'on désignera par la suite comme « erreurs inertielles ».

On cherche alors à estimer les erreurs inertielles des différents capteurs du système de navigation et à les compenser par recalage des paramètres de navigation au cours d'un processus dit « d'alignement » du système.

De manière classique, l'état que l'on cherche à estimer comprend également les erreurs inertielles, de sorte que l'on puisse estimer les défauts et les compenser par une étape de recalage.

A cet effet, il est connu d'utiliser une hybridation entre l'état estimé et des données auxiliaires. On compare pour ce faire tout ou partie de l'état estimé avec des données provenant d'une source auxiliaire au système de navigation inertielle. L'hybridation permet ainsi d'estimer les erreurs inertielles et de recalibrer les paramètres de navigation, ce qui diminue la dérive inertielle et améliore la performance du système.

La comparaison et le recalage sont connus de l'homme de l'art et réalisables, par exemple, à l'aide d'un filtre de Kalman.

Un procédé classique et efficace d'alignement consiste à effectuer une hybridation à l'arrêt, en utilisant la vitesse nulle de l'avion comme donnée auxiliaire.

30

Cette hybridation dite « à vitesse nulle » n'est bien sûr pas réalisable lorsque l'avion se met en mouvement pour le décollage ni en vol.

Or, le trafic aérien impose de plus en plus de contraintes sur la disponibilité des systèmes de navigation, ce qui implique une diminution du temps disponible pour l'alignement.

5

En outre, la performance de l'hybridation à vitesse nulle est limitée au point où on ne peut plus découpler les défauts inertiels des différents capteurs.

Lorsque le porteur est en mouvement, on a alors recours à des systèmes  
10 auxiliaires pour obtenir des données auxiliaires nécessaires à l'hybridation.

De tels systèmes auxiliaires sont connus de l'art antérieur, et comprennent par exemple des dispositifs GNSS, ou des baro-altimètres.

En plus de l'inconvénient d'embarquer un système auxiliaire sur le porteur,  
15 les solutions précédentes comportent des difficultés propres, à savoir :

- les dispositifs GNSS peuvent être la cible de brouillages, auquel cas le système de navigation ne peut plus exploiter ces données de manière fiable ;

- les baro-altimètres sont sensibles aux conditions météorologiques, alors  
20 que les modèles d'atmosphère sont peu précis.

En outre, les données auxiliaires provenant de systèmes auxiliaires sont fortement imprécises car fortement bruitées, alors même que les normes sur la précision des systèmes de navigation sont de plus en plus strictes.

25

De plus, les capteurs des systèmes auxiliaires doivent être certifiés à un certain niveau de sécurité.

La demande de brevet FR 2 878 954 propose une solution d'hybridation en  
30 mouvement ne requérant pas de système auxiliaire.

L'invention décrite dans ce document est basée sur un modèle cinématique à paramètres variables.

Le modèle cinématique fournit une donnée auxiliaire dans une direction  
5 déterminée automatiquement en fonction de l'état estimé par le modèle d'état.

Cette hybridation dépend donc fortement de la trajectoire du porteur du système de navigation inertiel.

10

En particulier sur une surface plane, les données auxiliaires sont sensibles au contact entre le porteur et le sol. Le glissement du porteur par rapport au sol est alors néfaste aux performances du système.

## 15 PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour objectif de pallier au moins un des inconvénients précités, et vise plus précisément à limiter la divergence du système de navigation inertielle afin de maintenir des conditions de performance et de sécurité requises pour le décollage.

20 A cet effet, l'invention propose selon un premier aspect un procédé de détermination de paramètres de navigation inertielle d'un porteur, comprenant des étapes de :

- réalisation de mesures inertielles de déplacement du porteur, les mesures pouvant comprendre des erreurs inertielles,

25 - estimation d'un état comprenant les paramètres de navigation inertielle et les erreurs inertielles,

le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, mises en œuvre alors que le porteur se déplace sur une surface sensiblement plane dont une incertitude sur la planéité est limitée par un

30 majorant connu :

- comparaison d'un paramètre de navigation selon la composante verticale avec une donnée auxiliaire prédéterminée,

- détermination d'une imprécision associée à ladite donnée auxiliaire en fonction du majorant connu, et
- recalage dudit état en fonction de la comparaison et de l'imprécision.

- 5 Le procédé selon l'invention est avantageusement complété par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible :
- le paramètre de navigation selon la composante verticale est une vitesse verticale, la donnée auxiliaire prédéterminée est une vitesse verticale nulle,
- 10 et dans lequel l'imprécision est en outre déterminé en fonction d'une vitesse instantanée du porteur obtenue à partir des paramètres de navigation estimés,
- le paramètre de navigation selon la composante verticale est une position verticale, et dans lequel la donnée auxiliaire prédéterminée est une position
- 15 verticale constante,
- le procédé comprend en outre une étape de test de maintien au sol comprenant une comparaison d'une vitesse instantanée du porteur obtenue à partir de paramètres de navigation estimés avec une vitesse seuil prédéterminée, le test étant négatif si la vitesse instantanée est supérieure à
- 20 la vitesse seuil, auquel cas les étapes de comparaison, détermination de l'imprécision et de recalage de l'état ne sont pas mises en œuvre,
- les étapes sont répétées de manière itérative, l'état recalé d'une itération servant à l'estimation de l'état de l'itération suivante.
- 25 L'invention propose également selon un deuxième aspect un système de navigation inertielle destiné à être embarqué dans un porteur, comprenant :
- des moyens de mesures inertielles de déplacement du porteur, les mesures pouvant comprendre des erreurs inertielles,
  - des moyens d'estimation d'un état comprenant des paramètres de
- 30 navigation inertielle du porteur et les erreurs inertielles,

- des moyens de comparaison d'un paramètre de navigation selon la composante verticale avec une donnée auxiliaire prédéterminée, destinés à fournir un résultat de comparaison, et
  - des moyens de détermination d'une imprécision associée à ladite donnée
- 5 auxiliaire en fonction d'un majorant connu d'une incertitude sur la planéité d'une surface sur laquelle le porteur est amené à se déplacer, et
- des moyens de recalage dudit état en fonction du résultat de comparaison et de l'imprécision.
- 10 Le système selon le deuxième aspect de l'invention est avantageusement complété par des moyens de mise en œuvre du procédé selon le premier aspect de l'invention.

L'invention présente de nombreux avantages.

- 15 L'invention permet d'utiliser toutes les phases qui précèdent le décollage afin de poursuivre la phase d'alignement sans pour autant nécessiter d'embarquer des capteurs supplémentaires sur l'avion. On s'affranchit ainsi des inconvénients propres aux dispositifs GNSS (brouillage) et aux baro-altimètres (sensibilité aux conditions météorologiques).
- 20 Par ailleurs, dans le cadre de l'invention, aucune information sur la trajectoire ou la qualité du contact entre le porteur et le sol n'est nécessaire. Il suffit que le porteur se déplace sur une surface sensiblement plane, dont un majorant de l'erreur de planéité est connu.
- En outre, l'imprécision des données auxiliaires pour une hybridation en
- 25 mouvement selon l'invention est plus faible que dans les solutions de l'art antérieur.
- Enfin, le système de navigation selon l'invention est susceptible de présenter de bonnes performances – satisfaisant aux normes de sécurités – avec des capteurs de qualité moindre que ceux actuellement utilisés. Ainsi,
- 30 l'invention permet de diminuer le coût d'un système de navigation inertiel tout en respectant les normes de sécurité. Parallèlement, l'invention permet,

à qualité de capteurs égale, d'augmenter les performances de systèmes de navigation existants.

L'invention peut être utilisée en complément des solutions déjà proposées par l'art antérieur.

## 5 PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard de la figure unique annexée, laquelle représente, sous la forme d'un schéma bloc, un procédé de détermination de paramètres de  
10 navigation inertielle d'un porteur selon un mode de réalisation de l'invention.

## DESCRIPTION DETAILLEE

Il est fait référence au schéma de la figure 1, sur lequel les blocs et flèches  
15 en trait plein correspondent à un premier mode de réalisation du procédé selon le premier aspect de l'invention, et les blocs et flèches en trait pointillé correspondent à d'autres modes de réalisation possibles du procédé selon le premier aspect de l'invention.

20 Dans la suite, on entend par « erreur sur la planéité entre deux points » d'une surface le rapport entre l'écart de leurs hauteurs respectives – par rapport à une hauteur de référence – sur leur distance.

Ainsi, entre deux points situés à des hauteurs respectives de 1.05m et  
25 0.95m – par rapport au niveau de la mer – et distants de 10m, l'erreur sur la planéité est de 1%,

On entend par ailleurs par « erreur sur la planéité d'une surface » l'erreur maximale sur la planéité entre tout couple de points de cette surface.

30

Le système selon le deuxième aspect de l'invention est destiné à être embarqué dans un porteur dont on cherche à estimer des paramètres de

navigation inertielle, lequel porteur peut être amené à se déplacer sur une surface dont l'erreur de la planéité est limitée par un majorant  $\delta$  connu.

Par exemple, l'invention concerne la détermination de paramètres de navigation inertielle d'un avion se déplaçant sur une piste d'aéroport, une  
5 erreur de planéité de la piste étant limitée par un majorant imposé par les normes de construction, donc connu. Dans le cas de pistes d'aéroport, ce majorant est généralement inférieur à 1%.

10 En référence à la figure 1, un procédé de détermination de paramètres de navigation inertielle d'un porteur selon un premier mode de réalisation possible du premier aspect de l'invention comprend une étape de réalisation de mesures inertielles S1 de déplacement du porteur, les mesures pouvant  
comprendre des erreurs inertielles, et une étape d'estimation S2 d'un état  
15 comprenant les paramètres de navigation inertielle et les erreurs inertielles.

Les mesures peuvent être réalisées par des accéléromètres et des gyromètres ou des gyroscopes, ou encore par tout moyen de mesures inertielles connu de l'homme de l'art.

20 L'estimation est réalisée de manière classique par résolution d'un système différentiel sur l'état, donné par un modèle d'état connu de l'état de l'art, par un moyen d'estimation, par exemple un processeur.

L'invention propose une hybridation avec une donnée auxiliaire pour limiter  
25 une dérive inertielle due à une intégration des erreurs inertielles.

Le procédé selon l'invention comprend à cet effet :

- une étape de comparaison S3 d'un paramètre de navigation selon la composante verticale, estimé au cours de l'étape S2, avec une donnée  
30 auxiliaire prédéterminée Y, et
- une étape de détermination S4 d'une imprécision R associée à la donnée auxiliaire Y, en fonction du majorant  $\delta$ .

On entend par « donnée auxiliaire » une donnée qui ne provient ni des mesures inertielles ni du modèle d'état, et par « donnée auxiliaire prédéterminée » une donnée auxiliaire indépendante du déplacement du porteur.

On choisit un paramètre selon la composante verticale, justement parce que le porteur est amené à se déplacer sur une surface sensiblement plane. Ainsi, à l'erreur de planéité près, les composantes verticales du mouvement (vitesse, position) du porteur sont connues et peuvent constituer des données auxiliaires prédéterminées.

Le procédé selon l'invention comprend encore une étape de recalage S5 de l'état en fonction de la comparaison S3 et de l'imprécision R déterminée au cours de l'étape S4.

La comparaison entre le paramètre de navigation selon la composante verticale et la donnée auxiliaire est ainsi utilisée, en tenant compte de l'imprécision R correspondant à la donnée auxiliaire, pour recalculer l'état.

L'étape S5 peut être réalisée par tout moyen de recalage connu de l'homme de l'art.

A titre d'exemple non limitatif, l'étape de recalage S4 peut être réalisée à l'aide d'un filtre de Kalman.

Dans ce cas, l'étape S5 comprend une sous-étape de détermination d'une matrice de gains en fonction de l'état estimé et de l'imprécision R, et une sous-étape de recalage de l'état en fonction de la matrice de gain et de la comparaison.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le paramètre de navigation selon la composante verticale est une vitesse verticale du porteur.

La donnée auxiliaire Y correspondante est une vitesse verticale nulle, le porteur étant amené à se déplacer sur une surface sensiblement plane.

5

L'imprécision R sur la donnée Y est déterminée par projection d'une vitesse instantanée estimée du porteur selon la composante verticale, selon la formule :  $R = \delta * V$ , où V est une vitesse instantanée du porteur calculée à partir des coordonnées de vitesse estimées du porteur.

10

On va maintenant donner un exemple numérique de l'imprécision sur la donnée auxiliaire dans le cadre de l'invention, dans le cas d'un avion se déplaçant à une vitesse instantanée de 50km/H sur la surface d'une piste d'aéroport dont l'erreur sur la planéité est limitée par 1%,

15

L'imprécision sur la donnée auxiliaire Y de vitesse verticale nulle est de 0.5km/h, soit 0.14m/s.

Par comparaison, les données auxiliaires de vitesse verticale obtenues par un système auxiliaire de type dispositif GPS ont une imprécision de l'ordre de 0.7m/s (à 3 sigma).

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le paramètre de navigation selon la composante verticale est une position verticale. La donnée auxiliaire Y correspondante est une position verticale constante, c'est-à-dire la hauteur du système de navigation inertielle réalisant les mesures (étape S1) par rapport à la surface plane.

L'imprécision R sur la donnée Y est déterminée par intégration de l'imprécision sur la vitesse verticale sur une période T du filtre de Kalman, soit  $R = \delta * V * T$ .

30

On va maintenant donner un exemple numérique de l'imprécision sur la donnée auxiliaire dans le cadre de l'invention, dans le cas d'un avion se déplaçant à une vitesse instantanée de 50km/H sur la surface d'une piste d'aéroport dont l'erreur sur la planéité est limitée par 1%, la période du filtre de Kalman étant de 4s.

L'imprécision sur la donnée auxiliaire Y de position verticale constante est de 0.56m.

10 Par comparaison, les données auxiliaires de position verticale obtenues par un système auxiliaire de type baro-altimètre ont une imprécision de l'ordre de 6m.

Selon une variante de l'invention, le procédé comprend une étape de test S0 de maintien au sol du porteur.

Ce test est particulièrement utile dans le cas d'un porteur susceptible de décoller de la surface, comme un avion sur une piste d'aéroport.

20 En effet, si l'invention est particulièrement avantageuse pour un porteur se déplaçant sur une surface plane, elle perd de son intérêt si le porteur a décollé de la surface puisque la donnée auxiliaire Y est déterminée pour correspondre à un déplacement du porteur sur cette surface (vitesse verticale nulle, position verticale fixe).

25

A cet effet, l'invention prévoit une vitesse seuil du porteur au-delà de laquelle le porteur est considéré comme ayant décollé de la surface, la donnée auxiliaire Y prédéterminée n'étant alors plus fiable.

30 L'étape S0 comprend ainsi une comparaison de la vitesse V avec une vitesse seuil prédéterminée, le test de maintien au sol étant négatif si la vitesse V est supérieure à la vitesse seuil.

Dans ce cas, les étapes S3, S4 et S5 ne sont pas mises en œuvre.

Préférentiellement, la vitesse seuil est prédéterminée en fonction de la taille  
5 et de la forme du porteur sur lequel le système de navigation selon cette variante de l'invention est destiné à être embarqué.

A titre d'exemple, pour un porteur du type avion de transport civil, la vitesse seuil peut être prédéterminée à environ 100km/h.

10

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les étapes du procédé sont répétées de manière itérative.

L'étape d'estimation S2 est généralement réalisée par résolution d'un  
15 système différentiel de l'état mettant en jeu des intégrations des paramètres de navigation.

Dans le cadre de l'invention, les intégrations peuvent être réalisées par toute méthode d'intégration discrète connue de l'homme de l'art.

20

A titre d'exemple non limitatif, les intégrations peuvent être réalisées par méthode des rectangles, par méthode de Crank-Nicholson, ou par méthode de Runge-Kutta.

25 Selon cette variante de l'invention, une intégration au cours d'une itération des étapes du procédé selon l'invention peut utiliser l'état recalé au cours de l'étape S5 de l'itération précédente.

Ainsi, l'état estimé est calculé à partir de l'état recalé – plus proche de la  
30 réalité – ce qui permet d'améliorer les performances du système selon le deuxième aspect de l'invention.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de paramètres de navigation inertielle d'un porteur, comprenant des étapes de :
- 5 - réalisation de mesures inertielles (S1) de déplacement du porteur, les mesures pouvant comprendre des erreurs inertielles,  
- estimation (S2) d'un état comprenant les paramètres de navigation inertielle et les erreurs inertielles,  
le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes,
- 10 mises en œuvre alors que le porteur se déplace sur une surface sensiblement plane dont une incertitude sur la planéité est limitée par un majorant ( $\delta$ ) connu :
- comparaison (S3) d'un paramètre de navigation selon la composante verticale avec une donnée auxiliaire prédéterminée (Y),
- 15 - détermination (S4) d'une imprécision (R) associée à ladite donnée auxiliaire (Y) en fonction du majorant ( $\delta$ ) connu, et  
- recalage (S5) dudit état en fonction de la comparaison (S3) et de l'imprécision (R).
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le paramètre de navigation selon la composante verticale est une vitesse verticale, la donnée auxiliaire prédéterminée (Y) est une vitesse verticale nulle, et dans lequel l'imprécision (R) est en outre déterminé (S4) en fonction d'une vitesse instantanée (V) du porteur obtenue à partir des paramètres de
- 25 navigation estimés (S2).
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le paramètre de navigation selon la composante verticale est une position verticale, et dans lequel la donnée auxiliaire prédéterminée (Y) est une position verticale
- 30 constante.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre une étape de test (S0) de maintien au sol comprenant une comparaison d'une vitesse instantanée (V) du porteur obtenue à partir de paramètres de navigation estimés (S2) avec une vitesse seuil
- 5 prédéterminée, le test étant négatif si la vitesse instantanée est supérieure à la vitesse seuil, auquel cas les étapes de comparaison (S3), détermination (S4) de l'imprécision et de recalage (S5) de l'état ne sont pas mises en œuvre.
- 10 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les étapes sont répétées de manière itérative, l'état recalé (S5) d'une itération servant à l'estimation (S2) de l'état de l'itération suivante.
6. Système de navigation inertielle destiné à être embarqué dans un
- 15 porteur, comprenant :
- des moyens de mesures inertielles de déplacement du porteur, les mesures pouvant comprendre des erreurs inertielles,
  - des moyens d'estimation d'un état comprenant des paramètres de navigation inertielle du porteur et les erreurs inertielles,
  - 20 - des moyens de comparaison d'un paramètre de navigation selon la composante verticale avec une donnée auxiliaire prédéterminée (Y), destinés à fournir un résultat de comparaison, et
  - des moyens de détermination d'une imprécision (R) associé à ladite donnée auxiliaire en fonction d'un majorant ( $\delta$ ) connu d'une incertitude sur la
  - 25 planéité d'une surface sur laquelle le porteur est amené à se déplacer, et
  - des moyens de recalage dudit état en fonction du résultat de comparaison et de l'imprécision (R).
7. Système selon la revendication précédente, comprenant en outre des
- 30 moyens de mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 5.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/055420

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. G01C21/16 G01C25/00  
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 878 954 A1 (SAGEM [FR]) 9 June 2006 (2006-06-09) cited in the application page 3, line 25 - page 4, line 18 page 5, line 19 - line 24 page 9, line 20 - page 14, line 26 figures 1-3	1-7
A	FR 2 748 563 A1 (SAGEM [FR]) 14 November 1997 (1997-11-14) page 1, line 4 - line 27 page 2, line 34 - page 3, line 9 page 6, line 29 - page 7, line 28 figure 3	1-7
A	US 5 774 832 A (VANDERWERF KEVIN D [US]) 30 June 1998 (1998-06-30) column 2, line 18 - column 3, line 32 figures 1,2	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 August 2010

Date of mailing of the international search report

26/08/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040.  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Yosri, Samir

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2010/055420
---------------------------------------------------

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
FR 2878954	A1	09-06-2006	CN 101099076 A	02-01-2008
			EP 1819984 A1	22-08-2007
			WO 2006061403 A1	15-06-2006
			KR 20070091641 A	11-09-2007
			US 2008221794 A1	11-09-2008
FR 2748563	A1	14-11-1997	AU 2902097 A	05-12-1997
			CA 2226566 A1	20-11-1997
			EP 0838019 A1	29-04-1998
			ES 2165608 T3	16-03-2002
			WO 9743601 A1	20-11-1997
			TR 9800023 T1	22-06-1998
US 5774832	A	30-06-1998	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/055420

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
 INV. G01C21/16 G01C25/00  
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
 G01C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 878 954 A1 (SAGEM [FR]) 9 juin 2006 (2006-06-09) cité dans la demande page 3, ligne 25 - page 4, ligne 18 page 5, ligne 19 - ligne 24 page 9, ligne 20 - page 14, ligne 26 figures 1-3	1-7
A	FR 2 748 563 A1 (SAGEM [FR]) 14 novembre 1997 (1997-11-14) page 1, ligne 4 - ligne 27 page 2, ligne 34 - page 3, ligne 9 page 6, ligne 29 - page 7, ligne 28 figure 3	1-7
A	US 5 774 832 A (VANDERWERF KEVIN D [US]) 30 juin 1998 (1998-06-30) colonne 2, ligne 18 - colonne 3, ligne 32 figures 1,2	1-7

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 août 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/08/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Yosri, Samir

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/055420

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2878954	A1	09-06-2006	CN 101099076 A	02-01-2008
			EP 1819984 A1	22-08-2007
			WO 2006061403 A1	15-06-2006
			KR 20070091641 A	11-09-2007
			US 2008221794 A1	11-09-2008
FR 2748563	A1	14-11-1997	AU 2902097 A	05-12-1997
			CA 2226566 A1	20-11-1997
			EP 0838019 A1	29-04-1998
			ES 2165608 T3	16-03-2002
			WO 9743601 A1	20-11-1997
			TR 9800023 T1	22-06-1998
US 5774832	A	30-06-1998	AUCUN	