(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
15 septembre 2011 (15.09.2011)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/110385 A1

(51) Classification internationale des brevets : *G01S 19/11* (2010.01)

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/EP2011/051525

(22) Date de dépôt international : 3 février 2011 (03.02.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
10/00999 12 mars 2010 (12.03.2010) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **THALES** [FR/FR]; 45 rue de Villiers, F-92200 Neuilly-sur-Seine (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **VAN DEN BOSSCHE, Mathias** [FR/FR]; Thales Alenia Space, 26 Avenue Jean François Champollion, F-31100 Toulouse (FR).

(74) Mandataires : **ESSELIN, Sophie** et al.; Marks & Clerk France, Immeuble Visium, 22 avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (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 (AL, 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, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : AUTONOMOUS SYSTEM FOR POSITIONING BY PSEUDOLITES IN A CONSTRAINED ZONE AND METHOD OF IMPLEMENTATION

(54) **Titre** : SYSTEME AUTONOME DE POSITIONNEMENT PAR PSEUDOLITES EN ZONE CONTRAINTE ET PROCEDE DE MISE EN OEUVRE

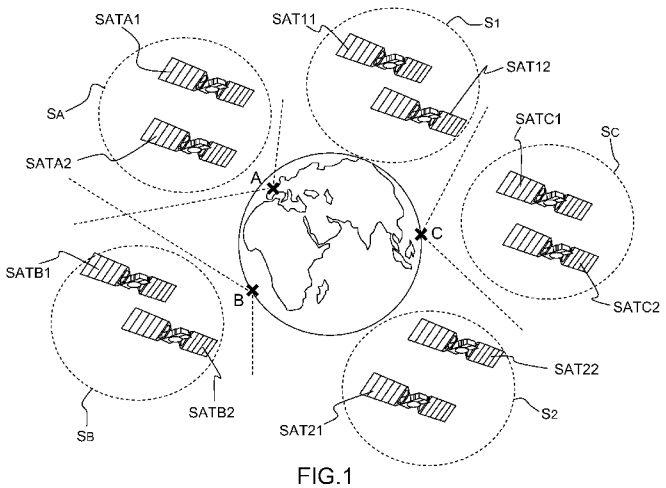


FIG.1

(57) **Abstract** : The subject of the present invention is a system for positioning an object in a constrained zone, comprising: - a set of pseudolites distributed in said constrained zone and each exhibiting a spreading code corresponding to the spreading code of a satellite belonging to a constellation of satellites of a satellite navigation system, said constellation of satellites comprising at least one first set of satellites (S1) and one second set of satellites (S2)of disjoint visibility, - and a receiver situated on the object to be located, the pseudolites being distributed in the constrained zone in such a way that at any point of the constrained zone, it is possible for the receiver of the object to acquire the positioning signals of at least two pseudolites exhibiting spreading codes corresponding, for the one, to a satellite of the first set (S1), and, for the other, to a satellite of the second set (S2) in such a way that the receiver receiving these positioning signals detects the impossibility of them being signals emitted by satellites of the constellation of satellites and consequently determines in a totally autonomous manner that it is receiving positioning signals emitted by pseudolites.

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/110385 A1

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

La présente invention a pour objet un système de positionnement d'un objet dans une zone contrainte, comprenant : - un ensemble de pseudolites répartis dans ladite zone contrainte et présentant chacun un code d'étalement correspondant au code d'étalement d'un satellite appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellites, ladite constellation de satellites comprenant au moins un premier ensemble de satellites (S1) et un deuxième ensemble de satellites (S2) de visibilité disjointe, - et un récepteur situé sur l'objet à localiser, les pseudolites étant répartis dans la zone contrainte de telle sorte qu'en tout point de la zone contrainte, il est possible au récepteur de l'objet d'acquérir les signaux de positionnement d'au moins deux pseudolites présentant des codes d'étalement correspondant, pour l'un, à un satellite du premier ensemble (S1), et, pour l'autre, à un satellite du deuxième ensemble (S2), de telle manière que le récepteur recevant ces signaux de positionnement détecte l'impossibilité qu'il s'agisse de signaux émis par des satellites de la constellation de satellites et détermine par conséquent de façon totalement autonome qu'il reçoit des signaux de positionnement émis par des pseudolites.

Système autonome de positionnement par pseudolites en zone contrainte et procédé de mise en œuvre.

La présente invention concerne un système permettant à un objet équipé d'un récepteur adapté de déterminer sa position dans une zone dite contrainte.

Plus particulièrement, le système de positionnement selon la présente invention est fondé sur l'utilisation de pseudolites.

Comme cela est connu, les pseudolites, contraction de pseudo-satellites, sont des dispositifs fonctionnant selon les mêmes principes que les satellites appartenant à des constellations de satellites mises en œuvre dans le cadre de systèmes globaux de navigation par satellites, connus sous l'acronyme anglo-saxon de GNSS, pour Global Navigation Satellite System, tels que le système GPS, pour Global Positioning System en anglais, ou le système Galiléo. A la différence des satellites, les pseudolites sont déployés au sol. Typiquement ; ils peuvent être répartis dans un bâtiment, et de manière générale, dans des zones dites contraintes.

Le principe général des systèmes de positionnement par pseudolites réside dans le fait que lesdits pseudolites émettent des signaux de positionnement dont le format est identique ou similaire à celui des messages émis par les satellites d'un système de navigation par satellites. A cette fin, on attribue généralement à chaque pseudolite un identifiant de la même famille que celui d'un satellite. Dans le contexte des constellations de satellites, ces identifiants sont appelés des codes d'étalement, comme cela est connu de l'homme du métier.

La portée des signaux émis par les pseudolites est variable ; elle dépend de leur puissance, et de leur utilisation. Des objets équipés de récepteurs adaptés peuvent acquérir ces signaux de positionnement. Comme pour un système de navigation par satellites classique, un calcul de distances entre ledit récepteur et les pseudolites dont il a acquis les signaux, puis un calcul de position par triangulation, permettent de déterminer la localisation du récepteur. Le principe du positionnement par triangulation est connu : il s'agit de déterminer la position d'un récepteur comme étant à l'intersection de sphères de centre les émetteurs et de rayon la distance

entre récepteur et émetteurs. Les calculs peuvent être effectués de manière embarquée, par l'objet lui-même, ou de manière délocalisée par un calculateur.

Comme on l'a vu, les systèmes de positionnement par pseudolites sont généralement déployés dans des zones dites « contraintes ». Ces zones contraintes, typiquement, peuvent être de bâtiments à l'intérieur desquels les signaux de positionnement émis par des satellites en orbite autour de la Terre ne peuvent pas être acquis, en raison du masquage produit par les murs, les plafonds...etc. Il peut s'agir simplement de zones non couvertes par le système de navigation par satellites considéré. De manière générale, on définira une zone contrainte comme étant une zone dans laquelle des signaux de positionnement émis par des satellites ne peuvent pas être correctement acquis. A contrario, on parle de « zone ouverte » dans les zones où des signaux de positionnement émis par des satellites peuvent être acquis par un récepteur adapté. D'autre part, les satellites dont un récepteur peut théoriquement recevoir des signaux de positionnement, du fait de la position relative adéquate entre lesdits satellites et ledit récepteur, sont dits « visibles » du récepteur, tandis que les autres satellites de la constellation sont dits « non visibles ». Ces termes consacrés, « visible » et « non visible » sont utilisables dans le cas de pseudolites, l'adéquation des positions relatives étant dans ce cas déterminée non par la géométrie du globe terrestre, mais par les masquages locaux qui peuvent affecter les signaux des pseudolites.

Les définitions données ci-dessus des termes « zone contrainte », « zone ouverte », satellite ou pseudolite « visible » et satellite ou pseudolite « non visible » valent pour toute la suite de la description et pour les revendications.

Il est connu que les systèmes de positionnement par satellites peuvent présenter un serveur appelé serveur d'assistance dont le rôle est d'envoyer des informations au récepteur concernant la constellation de satellites, telles que la position des satellites visibles, et d'autres aides facilitant le traitement des signaux de positionnement. Un système de positionnement par pseudolites peut également présenter un tel serveur d'assistance. En mode dit « assisté », le serveur d'assistance peut calculer la

position du récepteur à partir des calculs de pseudo-distances que ce dernier lui fournit.

Dans le cadre de la présente invention, le système de positionnement peut parfaitement fonctionner en zone contrainte sans recevoir d'informations d'un serveur d'assistance.

Les systèmes de positionnement par pseudolites connus présentent un certain nombre de défauts. En particulier, ils ne permettent pas de passer sans assistance d'une zone contrainte à une zone ouverte et vice versa, de façon continue et autonome. D'autre part, ils ne permettent généralement pas de démarrage à froid sans assistance ou sans connaissance de la position initiale du récepteur. Par conséquent, les systèmes connus impliquent généralement l'utilisation de récepteurs conçus spécifiquement pour un fonctionnement en zone contrainte et l'acquisition de signaux de positionnement émis par des pseudolites.

Dans d'autres cas, ils nécessitent une intervention sur le récepteur pour que celui-ci commence à acquérir des signaux émis par des pseudolites. En tout état de cause, les modes de fonctionnement en zone contrainte et en zone ouverte ne sont généralement pas compatibles, en ce sens qu'ils ne peuvent être actifs simultanément.

Par ailleurs, une contrainte importante à prendre en considération réside dans le fait que les codes d'étalement des satellites appartenant à des constellations de satellites sont réservés pour lesdits satellites. Il n'est pas possible d'utiliser d'autres codes sans devoir concevoir des récepteurs spécifiques car les récepteurs du marché sont conçus pour acquérir des signaux de positionnement provenant desdits satellites.

Une solution connue visant à surmonter ces problèmes consiste à attribuer aux pseudolites des codes d'étalement de satellites non visibles du point où se trouve le récepteur. Cependant, le problème persiste totalement pour les récepteurs ne bénéficiant pas de données d'assistance émises par un serveur d'assistance, et qui ne connaissent pas leur position initiale à l'allumage du récepteur.

Un tel récepteur, ne fonctionnant pas en mode assisté et ne connaissant pas sa position initiale, est, selon l'état de la technique,

incapable de reconnaître qu'il a affaire à des pseudolites. Par conséquent, il n'acquiert pas les signaux de positionnement émis par les pseudolites équipant la zone contrainte dans laquelle il se trouve et il lui est impossible de déterminer sa position.

Un but de l'invention est de résoudre ce problème technique en proposant un système de positionnement par pseudolites apte à fonctionner avec des récepteurs standards et pouvant acquérir de manière transparente, du point de vue du récepteur, des signaux de positionnement émis par des pseudolites comme s'il s'agissait de signaux de positionnement émis par des satellites appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellites, de reconnaître qu'il a affaire à des pseudolites et cela sans bénéficier de données fournies par un serveur d'assistance.

Ainsi, l'invention a pour objet un système de positionnement d'un objet dans une zone d'intérêt présentant une zone contrainte, ledit système comprenant :

un ensemble de pseudolites répartis dans ladite zone contrainte et présentant chacun un code d'étalement correspondant au code d'étalement d'un satellite appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellite, ladite constellation de satellites comprenant un premier ensemble de satellites et un deuxième ensemble de satellites les satellites du premier et du deuxième ensembles de satellites étant non visibles de la zone d'intérêt, et le premier et le deuxième ensembles de satellites étant de visibilité disjointe, de sorte que l'un quelconque des satellites du premier ensemble et l'un quelconque des satellites du deuxième ensemble ne peuvent pas être simultanément visibles depuis un point situé à la surface de la Terre, en ce sens que les satellites du premier et du deuxième ensembles présentent des positions relatives telles que des signaux émis par des satellites du premier ensemble et des signaux émis par des satellites du deuxième ensemble ne peuvent pas être reçus simultanément par un récepteur placé en un point situé à la surface de la Terre, chaque pseudolite émettant par ailleurs un signal de positionnement,

et un récepteur situé sur l'objet à localiser,

dans lequel lesdits pseudolites sont répartis dans la zone contrainte de telle sorte qu'en tout point de la zone contrainte, il est possible au récepteur de l'objet d'acquérir les signaux de positionnement d'au moins deux pseudolites présentant des codes d'étalement correspondant, pour l'un, à un satellite du premier ensemble, et, pour l'autre, à un satellite du deuxième ensemble, de telle manière que le récepteur recevant ces signaux de positionnement détecte l'impossibilité qu'il s'agisse de signaux émis par des satellites de la constellation de satellites et détermine par conséquent de façon totalement autonome qu'il reçoit des signaux de positionnement émis par des pseudolites.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la constellation de satellites présentant N ensembles de satellites, N étant supérieur ou égal à 3, non visibles de la zone d'intérêt, et de visibilité disjointe, de sorte que l'un quelconque des satellites de l'un quelconque des N ensembles de satellites ne peut pas être visible en même temps que l'un quelconque des satellites de l'un quelconque des autres ensembles de satellites parmi les N ensembles de satellites depuis un point situé à la surface de la Terre, les pseudolites sont répartis dans la zone contrainte de telle sorte qu'en tout point de la zone contrainte, il est possible au récepteur de l'objet d'acquérir les signaux de positionnement d'au moins trois pseudolites présentant des codes d'étalement correspondant à des satellites appartenant à trois ensembles de satellites distincts parmi les N ensembles de satellites.

Avantageusement, les signaux de positionnement émis par les pseudolites peuvent diffuser des almanachs identiques à ceux des satellites de la constellation de satellites, de manière à assurer une continuité de service à la transition entre une zone contrainte équipée d'un ensemble de pseudolites et une zone ouverte, dépourvue de pseudolites, mais permettant la réception de signaux de positionnement émis par les satellites de la constellation, et, réciproquement, de manière à assurer une continuité de service à la transition entre une zone ouverte et une zone contrainte.

Avantageusement, un serveur connecté à l'ensemble de pseudolites est configuré pour attribuer dynamiquement à chaque pseudolite un code d'étalement adapté, choisi parmi des codes attribués aux satellites non-visibles de la zone d'intérêt.

Le récepteur situé sur l'objet à positionner peut présenter l'un au moins des modes de fonctionnement suivant :

- un mode de fonctionnement « zone contrainte » lorsque le récepteur se situe dans une zone dans laquelle il est susceptible de recevoir uniquement des signaux de positionnement émis par des pseudolites ;
- un mode de fonctionnement « zone ouverte » lorsque le récepteur se situe dans une zone dans laquelle il est susceptible de recevoir uniquement des signaux de positionnement émis par des satellites appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellite ;
- un mode de fonctionnement « zone hybride » lorsque le récepteur se situe dans une zone dans laquelle il est susceptible de recevoir à la fois des signaux de positionnement émis par des pseudolites et des signaux de positionnement émis par des satellites appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellite.

Le système est avantageusement apte à basculer d'un mode de fonctionnement à un autre.

Avantageusement, le récepteur sélectionne son mode de fonctionnement de manière automatique.

Avantageusement, le système de positionnement selon l'invention peut comprendre des moyens pour forcer le mode de fonctionnement du récepteur.

Avantageusement, le mode de fonctionnement du récepteur peut être choisi manuellement.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de la figure 1 annexée, qui représente schématiquement une constellation de satellites en orbite autour de la Terre faisant partie d'un système de navigation par satellites.

Plus précisément, la figure 1 présente une constellation de satellites comprenant des sous-ensembles de satellites S_A, S_B, S_C, S1, S2. L'ensemble S_A représente l'ensemble des satellites SATA1, SATA2 visibles d'un récepteur placé au point A, à la surface de la Terre. De même, l'ensemble S_B représente l'ensemble des satellites SATB1, SATB2 visibles du récepteur placé au point B et l'ensemble S_C représente l'ensemble des satellites SATC1, SATC2 visibles du récepteur placé au point C.

Comme le montre la figure 1, pour une constellation de satellites donnée, faisant partie d'un système de navigation par satellites, on peut définir des sous-ensembles de satellites, S1, S2, regroupant des satellites, SAT11, SAT12, respectivement SAT21, STA22, non visibles simultanément par un récepteur situé à la surface de la Terre. Ainsi, sur l'exemple de configuration d'une constellation de satellites présenté à la figure 1, les satellites SAT11 et SAT12 de l'ensemble S1 et les satellites SAT21 et SAT22 de l'ensemble S2 ne peuvent pas être vus simultanément, notamment ici, à titre d'illustration, des points A, B, ou C.

Le principe de base de l'invention consiste à exploiter le fait que la constellation de satellites sur laquelle s'appuie le système de positionnement par pseudolites comprend au moins deux sous-ensembles de satellites non visibles depuis la zone couverte par les pseudolites, par exemple sur la figure 1, S1 et S2, dont les satellites respectifs ne sont jamais simultanément visibles depuis la Terre.

Afin de leurrer le récepteur de l'objet que l'on cherche à positionner, l'invention propose une configuration originale de l'ensemble de pseudolites équipant la zone contrainte considérée. Ainsi, l'attribution de codes d'étalement aux pseudolites est réalisée de telle manière qu'en tout point de la zone contrainte couverte par ledit ensemble de pseudolites, un récepteur allumé sans connaître sa position initiale détecte au moins deux pseudolites présentant des codes d'étalement appartenant à des sous-ensembles de satellites S1, S2 dont les satellites respectifs ne peuvent pas être simultanément visibles. On dit que les sous-ensembles S1 et S2 sont de visibilité disjointe. Le pseudolite est alors simplement programmé pour que dans ce contexte, il détermine le fait qu'il se trouve en présence de pseudolites. Il est alors en mesure d'acquérir et de décoder les signaux de positionnement qu'il reçoit des pseudolites visibles. Les calculs de positions

peuvent ensuite indifféremment être effectués de manière embarquée par le récepteur ou de manière délocalisée par un calculateur dédié avec lequel le récepteur peut communiquer.

D'un point de vue matériel, le récepteur peut parfaitement être un récepteur standard, tel qu'un récepteur GPS par exemple. Seule une simple adaptation du logiciel embarqué de ce récepteur doit être réalisée, comme expliqué ci-dessus. Il n'a pas besoin de données d'assistance car (i) il n'utilise que des codes standard de satellites et (ii) il sait déterminer qu'il a affaire à des pseudolites lorsque c'est le cas.

Le système selon l'invention fonctionne par conséquent sur la base de récepteurs standards et d'un ensemble de pseudolites répartis dans une zone contrainte considérée.

A l'allumage, le récepteur, fonctionnant en mode non assisté, cherche à acquérir tous les satellites de la constellation, c'est-à-dire tous les codes d'étalement attribués aux satellites.

De manière optionnelle, le récepteur peut être manuellement forcé à passer dans un mode de fonctionnement « zone contrainte » dans lequel il cherche exclusivement à acquérir des pseudolites. Selon une autre option, après avoir détecté de manière automatique la présence de pseudolites, le récepteur peut proposer à un utilisateur de passer en mode de fonctionnement « zone contrainte », ledit utilisateur ayant la faculté de refuser un tel basculement.

Les pseudolites se voient attribuer de façon dynamique un code d'étalement par un serveur dédié. Comme explicité plus haut, cette attribution dynamique de codes d'étalement aux pseudolites est effectuée de telle sorte qu'en tout point de la zone contrainte, les pseudolites visibles présentent des codes d'étalement de satellites appartenant à au moins deux sous-ensembles S1, S2 de visibilité disjointe.

Par ailleurs, les pseudolites diffusent de préférence, au sein des messages de positionnement qu'ils émettent, des almanachs identiques à ceux des satellites de la constellation de satellites, de manière à faciliter la continuité du service de positionnement à la transition entre une zone contrainte équipée de pseudolites et une zone ouverte.

Il est à noter par ailleurs que les informations de positionnement figurant dans les signaux de positionnement émis par les pseudolites peuvent être plus simples que celles émises par des vrais satellites ; par conséquent, la bande passante libérée peut être mise à profit pour diffuser d'autres informations vers les pseudolites, comme par exemple les positions des pseudolites voisins ou encore l'identifiant de leur code d'étalement.

En fonctionnement, le comportement du système selon l'invention est le suivant :

- En environnement ouvert : le récepteur fonctionne de façon conventionnelle puisqu'il reçoit des signaux émis par des satellites appartenant à une constellation de satellites faisant partie d'un système de navigation par satellites. Eventuellement, le récepteur peut de façon sporadique chercher à acquérir des signaux de positionnement de satellites théoriquement non visibles ; il pourrait ainsi détecter la présence de pseudolites.
- Au démarrage en zone contrainte, le récepteur cherchant à acquérir tous les satellites de la constellation détecte – au moins – deux codes d'étalement correspondant à des satellites qui ne devraient pas être visibles simultanément ; il peut alors basculer dans un mode de fonctionnement « zone contrainte » pour acquérir et décoder les signaux de positionnement émis par les pseudolites visibles ; alternativement, le récepteur ne fait que proposer le basculement à l'utilisateur.
- A la transition entre une zone ouverte et une zone contrainte, le récepteur peut détecter une perte massive de satellites visibles ; dans ce cas, il peut passer directement en mode de fonctionnement « zone contrainte » ; alternativement le récepteur détecte la présence de pseudolites grâce à la procédure d'acquisition sporadique évoquée ci-dessus. Optionnellement, le récepteur peut continuer à acquérir et exploiter les signaux de positionnement émis par des satellites, tant qu'il en reçoit.

- A la transition entre une zone contrainte et une zone ouverte, le récepteur peut détecter une perte massive de pseudolites visibles et passer directement en mode de fonctionnement « zone ouverte » ; alternativement le récepteur détecte la présence de satellites visibles grâce à une procédure d'acquisition sporadique. Optionnellement, le récepteur peut continuer à acquérir et exploiter les signaux de positionnement émis par des pseudolites, tant qu'il en reçoit.

En résumé, l'invention a pour principal avantage de proposer un système de positionnement par pseudolites fonctionnant sur la base de récepteurs standards, et permettant une continuité de service entre une zone contrainte et une zone ouverte, et réciproquement. Surtout, le système de positionnement par pseudolites selon l'invention est apte à fonctionner sans données d'assistance, y compris dans le contexte d'un démarrage à froid du récepteur en zone contrainte, sans connaissance de la position initiale.

REVENDICATIONS

1. Système de positionnement d'un objet dans une zone d'intérêt présentant une zone contrainte, ledit système comprenant :

un ensemble de pseudolites répartis dans ladite zone contrainte et présentant chacun un code d'étalement correspondant au code d'étalement d'un satellite appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellite, ladite constellation de satellites comprenant un premier ensemble de satellites (S1) et un deuxième ensemble de satellites (S2) les satellites du premier (S1) et du deuxième (S2) ensembles de satellites étant non visibles de la zone d'intérêt, et le premier (S1) et le deuxième (S2) ensembles de satellites étant de visibilité disjointe, de sorte que l'un quelconque des satellites (SAT11,SAT12) du premier ensemble (S1) et l'un quelconque des satellites (SAT21,SAT22) du deuxième ensemble (S2) ne peuvent pas être simultanément visibles depuis un point situé à la surface de la Terre, en ce sens que les satellites du premier (SAT11,SAT12) et du deuxième (SAT21,SAT22) ensembles présentent des positions relatives telles que des signaux émis par des satellites (SAT11,SAT12) du premier ensemble (S1) et des signaux émis par des satellites (SAT21,SAT22) du deuxième ensemble (S2) ne peuvent pas être reçus simultanément par un récepteur placé en un point situé à la surface de la Terre, chaque pseudolite émettant par ailleurs un signal de positionnement,

et un récepteur situé sur l'objet à localiser,

caractérisé en ce que les pseudolites sont répartis dans la zone contrainte de telle sorte qu'en tout point de la zone contrainte, il est possible au récepteur de l'objet d'acquérir les signaux de positionnement d'au moins deux pseudolites présentant des codes d'étalement correspondant, pour l'un, à un satellite du premier ensemble (S1), et, pour l'autre, à un satellite du deuxième ensemble (S2), de telle manière que le récepteur recevant ces signaux de positionnement détecte l'impossibilité qu'il s'agisse de signaux émis par des satellites de la constellation de satellites et détermine par

conséquent de façon totalement autonome qu'il reçoit des signaux de positionnement émis par des pseudolites.

2. Système selon la revendication 1, la constellation de satellites présentant N ensembles de satellites, N étant supérieur ou égal à 3, non visibles de la zone d'intérêt, et de visibilité disjointe, de sorte que l'un quelconque des satellites de l'un quelconque des N ensembles de satellites ne peut pas être visible en même temps que l'un quelconque des satellites de l'un quelconque des autres ensembles de satellites parmi les N ensembles de satellites depuis un point situé à la surface de la Terre, caractérisé en ce que les pseudolites sont répartis dans la zone contrainte de telle sorte qu'en tout point de la zone contrainte, il est possible au récepteur de l'objet d'acquérir les signaux de positionnement d'au moins trois pseudolites présentant des codes d'étalement correspondant à des satellites appartenant à trois ensembles de satellites distincts parmi les N ensembles de satellites.

3. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que les signaux de positionnement émis par les pseudolites diffusent des almanachs identiques à ceux des satellites de la constellation de satellites, de manière à assurer une continuité de service à la transition entre une zone contrainte équipée d'un ensemble de pseudolites et une zone ouverte, dépourvue de pseudolites, mais permettant la réception de signaux de positionnement émis par les satellites de la constellation, et, réciproquement, de manière à assurer une continuité de service à la transition entre une zone ouverte et une zone contrainte.

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un serveur connecté à l'ensemble de pseudolites est configuré pour attribuer dynamiquement à chaque pseudolite un code d'étalement adapté, choisi parmi des codes attribués aux satellites non-visibles de la zone d'intérêt.

5. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que récepteur situé sur l'objet à positionner présente l'un au moins des modes de fonctionnement suivant :
    - un mode de fonctionnement « zone contrainte » lorsque le récepteur se situe dans une zone dans laquelle il est susceptible de recevoir uniquement des signaux de positionnement émis par des pseudolites ;
    - un mode de fonctionnement « zone ouverte » lorsque le récepteur se situe dans une zone dans laquelle il est susceptible de recevoir uniquement des signaux de positionnement émis par des satellites appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellite ;
    - un mode de fonctionnement « zone hybride » lorsque le récepteur se situe dans une zone dans laquelle il est susceptible de recevoir à la fois des signaux de positionnement émis par des pseudolites et des signaux de positionnement émis par des satellites appartenant à une constellation de satellites d'un système de navigation par satellite.

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il est apte à basculer d'un mode de fonctionnement à un autre.

7. Système selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que le récepteur sélectionne son mode de fonctionnement de manière automatique.

8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour forcer le mode de fonctionnement du récepteur.

9. Système selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que le mode de fonctionnement du récepteur est choisi manuellement.

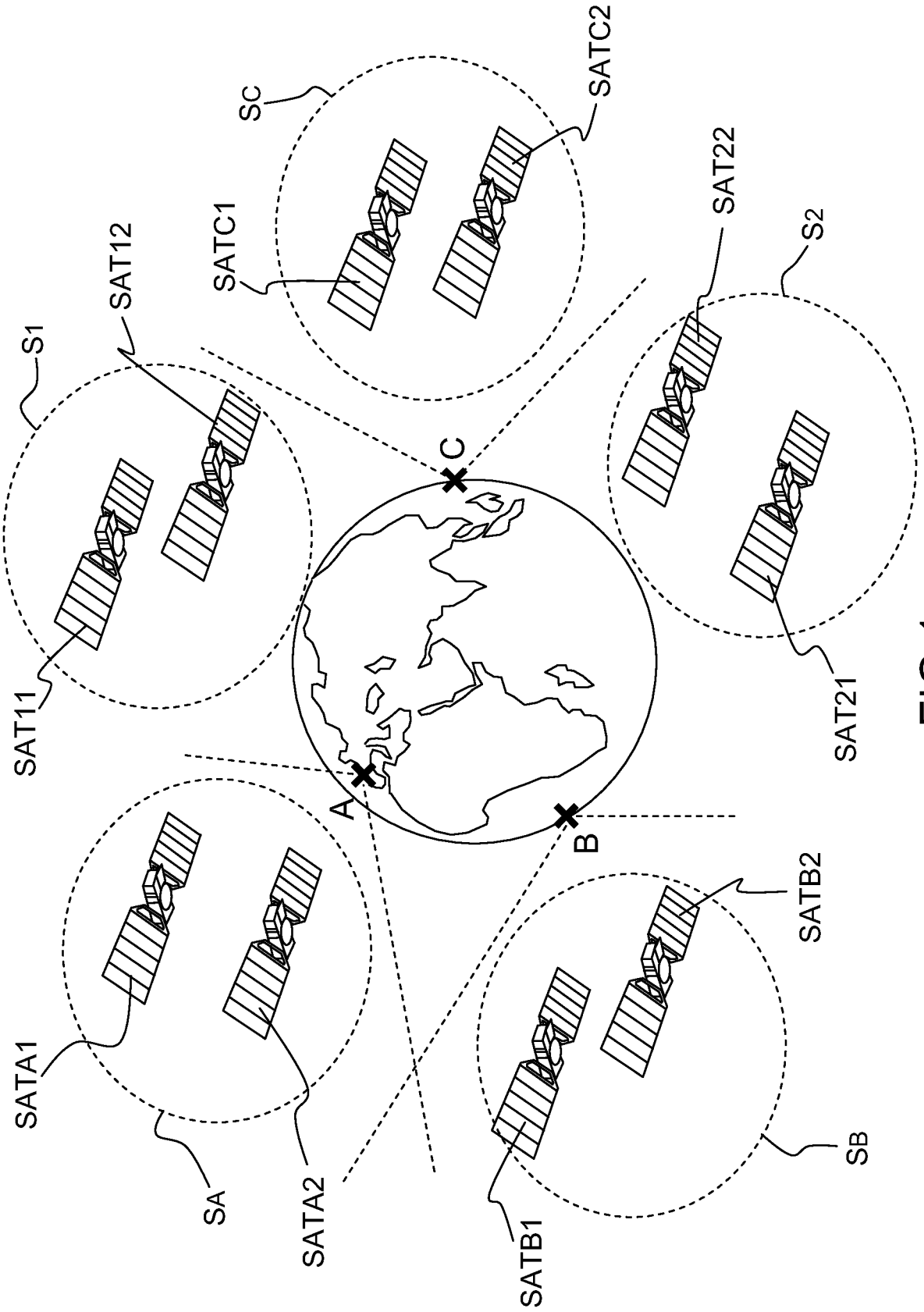

SC
SATC2
SATC1
SAT12
S1
SAT22
S2
C
SAT11
SAT21
A
B
SATB2
SATA1
SA
SATA2
SATB1
SB

FIG.1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/051525

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S19/11
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)
G01S

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/086001 A1 (KIM HEE-JUNG [KR] ET AL) 21 April 2005 (2005-04-21) figure 2 paragraph [0065] - paragraph [0071] -----	1-9
A	US 6 336 076 B1 (FARLEY MICHAEL G [US] ET AL) 1 January 2002 (2002-01-01) column 6, line 17 - line 34 -----	1-9
A	US 6 198 432 B1 (JANKY JAMES M [US]) 6 March 2001 (2001-03-06) figures 1,2 column 4, line 46 - column 6, line 21 -----	1-9

☐ 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	Date of mailing of the international search report
1 March 2011	07/03/2011

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hekmat, Taymoor

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2011/051525

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005086001 A1	21-04-2005	CN 1580812 A	16-02-2005
		KR 20050017570 A	22-02-2005
		US 2006224320 A1	05-10-2006
US 6336076 B1	01-01-2002	NONE	
US 6198432 B1	06-03-2001	US 6653976 B1	25-11-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2011/051525

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G01S19/11
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)
G01S

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2005/086001 A1 (KIM HEE-JUNG [KR] ET AL) 21 avril 2005 (2005-04-21) figure 2 alinéa [0065] - alinéa [0071] -----	1-9
A	US 6 336 076 B1 (FARLEY MICHAEL G [US] ET AL) 1 janvier 2002 (2002-01-01) colonne 6, ligne 17 - ligne 34 -----	1-9
A	US 6 198 432 B1 (JANKY JAMES M [US]) 6 mars 2001 (2001-03-06) figures 1,2 colonne 4, ligne 46 - colonne 6, ligne 21 -----	1-9

☐ 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
1 mars 2011	07/03/2011

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hekmat, Taymoor

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2011/051525

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005086001 A1	21-04-2005	CN 1580812 A	16-02-2005
		KR 20050017570 A	22-02-2005
		US 2006224320 A1	05-10-2006
US 6336076 B1	01-01-2002	AUCUN	
US 6198432 B1	06-03-2001	US 6653976 B1	25-11-2003