

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 099 954

21 N° d'enregistrement national : 19 09209

51 Int Cl⁸ : G 01 S 19/21 (2019.12), G 01 S 19/30, 19/22, H 04 B 1/707

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.08.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 19.02.21 Bulletin 21/07.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : MARTIN Nicolas, BOUVET Denis et MEHLEN Christian.

73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : Lavoix.

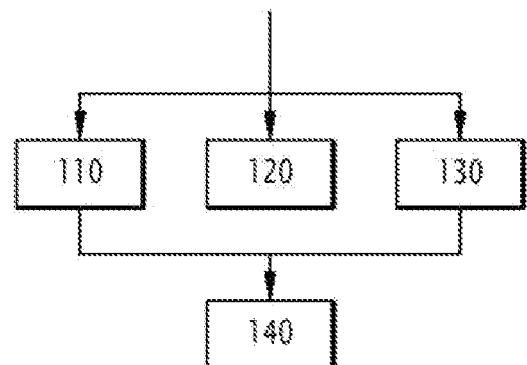
54 PROCÉDE DE DETECTION D'UNE FAUSSE SYNCHRONISATION D'UN RECEPTEUR AVEC UN SATELLITE, RECEPTEUR ET PRODUIT PROGRAMME D'ORDINATEUR ASSOCIES.

57 Procédé de détection d'une fausse synchronisation d'un récepteur avec un satellite, récepteur et produit programme d'ordinateur associés

Ce procédé de détection est mis en œuvre après une phase d'acquisition d'un signal de navigation pendant une phase de convergence et comprend au moins l'une des étapes suivantes : - détermination (110) d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie pilote et d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie de données, et détermination d'une première valeur en fonction de ces corrélations ponctuelles ; - détermination (120) d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote, et détermination d'une deuxième valeur en fonction de ces corrélations partielles ; - détermination (130) d'une pluralité de corrélations décalées voie pilote, et détermination d'une troisième valeur en fonction de ces corrélations décalées voie pilote.

La phase de convergence comprend en outre l'étape de détermination (140) d'une fausse synchronisation lorsque au moins l'une desdites dépasse un seuil prédéterminé.

Figure pour l'abrégié : figure 3



FR 3 099 954 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de détection d'une fausse synchronisation d'un récepteur avec un satellite, récepteur et produit programme d'ordinateur associés

- [0001] La présente invention concerne un procédé de détection d'une fausse synchronisation d'un récepteur avec un satellite.
- [0002] La présente invention concerne également un récepteur et un produit programme d'ordinateur associés.
- [0003] Le procédé selon l'invention est mis en œuvre après une phase d'acquisition d'un signal de navigation issu d'un satellite.
- [0004] Un tel satellite fait partie d'un système global de positionnement par satellites connu également sous le sigle anglais GNSS (pour « *Global Navigation Satellite System* »).
- [0005] De manière générale, un système GNSS est composé d'une pluralité de satellites permettant à un récepteur mobile de déterminer sa position dans un repère terrestre, sa vitesse et l'heure.
- [0006] Il existe actuellement plusieurs systèmes GNSS parmi lesquels on peut notamment citer le système GPS, le système GLONASS ou encore le système GALILEO dont la mise en service opérationnelle est prévue prochainement.
- [0007] Les satellites d'un tel système GNSS sont aptes à émettre des signaux électromagnétiques comprenant notamment une information de navigation.
- [0008] Chaque information de navigation comprend généralement des données relatives au temps d'émission par le satellite du signal correspondant et à la position courante du satellite. En particulier, les données relatives à la position courante du satellite contiennent généralement l'almanach donnant une position grossière du satellite et les éphémérides donnant la position courante exacte du satellite.
- [0009] L'information de navigation est portée par une onde porteuse et modulée par un code d'étalement propre à chaque satellite. Ainsi, les signaux sont émis par les satellites en utilisant une technique d'étalement de spectre.
- [0010] Le récepteur est apte à recevoir les signaux émis par les satellites et à en extraire l'information de navigation pour notamment déterminer la distance jusqu'au satellite ayant émis le signal correspondant. Cette distance, appelée également pseudo-distance, est déterminée en analysant le temps de propagation du signal correspondant.
- [0011] Pour déterminer sa position, sa vitesse et l'heure, le récepteur met en œuvre un traitement numérique des informations de navigation issues d'au moins trois satellites différents.
- [0012] En pratique, pour avoir une position plus précise, le récepteur a besoin

- d'informations de navigation issues d'au moins quatre satellites différents.
- [0013] Plus précisément, pour acquérir l'information de navigation d'un satellite donné, le récepteur met en œuvre deux phases traitant les signaux issus de ce satellite.
- [0014] Lors d'une phase initiale, appelée dans l'état de l'art, phase d'acquisition, le récepteur génère un signal local contenant notamment un code d'étalement local présentant l'image du code d'étalement du satellite.
- [0015] Comme initialement le récepteur ne connaît pas sa position, le signal local n'est pas synchronisé avec le signal reçu. Ceci signifie en particulier que le signal local est décalé en fréquence de porteuse du signal reçu d'une valeur appelée valeur de Doppler, et que le code d'étalement du signal reçu est retardé du code d'étalement local d'une valeur appelée valeur de retard.
- [0016] Puis, le récepteur effectue une recherche d'un pic des corrélations entre le signal local et le signal reçu en essayant différentes valeurs de Doppler et de retard.
- [0017] Lorsqu'un pic est détecté, le récepteur détermine les valeurs de Doppler et de retard correspondant à ce pic et à partir de ces valeurs, lance une phase suivante, appelée dans l'état de l'art, phase de poursuite.
- [0018] Lors de la phase de poursuite, le récepteur met à jour régulièrement les valeurs de Doppler et de retard, et extrait l'information de navigation du signal émis par le satellite en utilisant notamment le code d'étalement local et les valeurs de Doppler et de retard déterminées.
- [0019] À l'issue de la phase d'acquisition, il est considéré que le récepteur s'est synchronisé avec le satellite ou encore s'est « accroché » au satellite.
- [0020] Ceci signifie en particulier que le récepteur a pu trouver les valeurs de Doppler et de retard relatives à ce satellite pour initier la phase de poursuite.
- [0021] Il arrive parfois que le récepteur synchronise son signal local correspondant au satellite recherché sur le signal reçu d'un autre satellite, ce qui conduit à une mesure de distance erronée, et donc potentiellement à un positionnement faux.
- [0022] Dans ce cas, il s'agit d'une fausse synchronisation ou d'un faux « accrochage ».
- [0023] Cela se produit par exemple lorsque la corrélation entre le signal local et le signal reçu du satellite recherché donne moins d'énergie que la corrélation avec le signal reçu d'un autre satellite, à cause d'un écart de puissance reçue élevé.
- [0024] Il existe dans l'état de l'art différentes méthodes permettant d'éviter une telle fausse synchronisation.
- [0025] Ainsi, une méthode utilisée de manière conventionnelle, consiste à vérifier la cohérence entre la position du satellite calculée à partir des éphémérides contenues dans l'information de navigation et celle calculée à partir de l'almanach, contenant les identifiants des satellites, contrairement aux éphémérides. L'incohérence entre ces valeurs signifie donc une fausse synchronisation.

- [0026] Toutefois, cette méthode n'est pas complètement satisfaisante. En particulier, elle nécessite de recueillir la totalité des éphémérides contenues dans l'information de navigation ce qui est relativement long. En pratique, cela peut prendre jusqu'à deux minutes.
- [0027] On conçoit alors que cela pénalise le fonctionnement du récepteur, notamment suite à un masquage du satellite et une ré-acquisition, et ne permet pas d'assurer une continuité de service.
- [0028] On connaît également une méthode de détection d'une fausse synchronisation décrite dans le document FR 3 043 790 qui utilise les propriétés algébriques des codes d'étalement. Cela rend alors la mise en œuvre de cette méthode dépendante des codes d'étalement utilisés.
- [0029] On connaît également une méthode de détection d'une fausse synchronisation décrite dans le document FR 3 047 567 qui consiste à comparer la puissance des signaux reçus sur plusieurs voies de corrélation.
- [0030] La présente invention a pour but d'améliorer les méthodes et notamment, de détecter une fausse synchronisation de manière rapide, efficace et indépendante des codes d'étalements utilisés.
- [0031] À cet effet, l'invention a pour objet un procédé de détection d'une fausse synchronisation d'un récepteur avec un satellite lors d'une phase d'acquisition d'un signal de navigation issu de ce satellite, le satellite faisant partie d'un système global de positionnement par satellites ;
- [0032] le signal de navigation comprenant une voie de données comportant une information de navigation modulée par un code d'étalement de données propre à ce satellite et portée par une onde porteuse, et une voie pilote comportant un code d'étalement pilote propre à ce satellite et portée par une onde porteuse ;
- [0033] lors de la phase d'acquisition, le récepteur étant apte à recevoir le signal de navigation, dit signal reçu, émis par le satellite, à générer un signal local de données comportant une image locale du code d'étalement de données et une image locale de l'onde porteuse, et à générer un signal local pilote comportant une image locale du code d'étalement pilote et l'image locale de l'onde porteuse ;
- [0034] le procédé étant mis en œuvre après la phase d'acquisition pendant une phase de convergence et comprenant au moins l'une des étapes suivantes :
- [0035] - détermination d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie pilote correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur un intervalle de référence de durée égale à une valeur de référence entre le signal reçu et le signal local pilote, et d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie de données correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur l'un des intervalles de référence entre le signal reçu et le signal local de données, et détermination d'une première valeur en fonction de ces corrélations

ponctuelles ;

[0036] - détermination d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur un intervalle de durée égale à une fraction de la valeur de référence entre le signal reçu et le signal local pilote, et détermination d'une deuxième valeur en fonction de ces corrélations partielles ;

[0037] - détermination d'une pluralité de corrélations décalées voie pilote correspondant chacune à une corrélation décalée sur l'un des intervalles de référence entre le signal reçu et un signal local décalé correspondant au signal local pilote dans lequel l'image locale du code d'étalement pilote est décalée d'un nombre entier d'unités de référence, et détermination d'une troisième valeur en fonction de ces corrélations décalées voie pilote ;

[0038] la phase de convergence comprenant en outre l'étape suivante :

[0039] - détermination d'une fausse synchronisation lorsque au moins l'une des valeurs parmi la première valeur, la deuxième valeur et la troisième valeur, lorsqu'une telle valeur est déterminée, dépasse un seuil prédéterminé.

[0040] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé de détection comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

[0041] - la première valeur est déterminée sur la base de covariances entre les corrélations ponctuelles voie pilote et les corrélations ponctuelles voie de données ;

[0042] - la première valeur est déterminée comme suit :

$$[0043] \quad v_1 = \frac{(P_{pp} - P_{dd})^2 + 4P_{pd}^2}{(P_{ref} / N)^2} \sigma^2,$$

[0044] où

[0045] v_1 est la première valeur ;

[0046] N est le nombre des corrélations ponctuelles voie pilote égal au nombre des corrélations ponctuelles voie de données ;

[0047] P_{pp} est la covariance des corrélations ponctuelles voie pilote ;

[0048] P_{dd} est la covariance des corrélations ponctuelles voie de données ;

[0049] P_{pd} est la covariance des corrélations ponctuelles voie pilote et des corrélations ponctuelles voies de données ;

[0050] P_{ref} est une puissance de référence déterminée en fonction des corrélations ponctuelles voie pilote ; et

[0051] σ^2 est la variance du bruit de $(P_{pp} - P_{dd})$ et de $2P_{pd}$;

[0052] - lors de l'étape de l'étape de détermination d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote, P types de corrélations partielles sont déterminées, une corrélation partielle

d'un type donné étant déterminée sur une fraction prédéterminée de l'un des intervalles de référence ;

[0053] - la deuxième valeur est déterminée comme suit :

$$[0054] \quad v_2 = \frac{\text{Sum}_P}{P_{ref}} \sigma^2,$$

[0055] où

$$[0056] \quad \text{Sum}_P = \sum_{p=1, \dots, P} (I_{pp}(p) - M)^2,$$

$$[0057] \quad M = \frac{1}{P} \sum_{p=1, \dots, P} I_{pp}(p),$$

$$[0058] \quad I_{pp}(p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} \text{Re}[Z_{pp}(m, p)] \cdot \epsilon(m),$$

[0059] où

[0060] v_2 est la deuxième valeur ;

[0061] N est le nombre des corrélations partielles ;

[0062] $\epsilon(m)$ est le code secondaire de la voie pilote qui est égal à 1 ou à -1 ;

[0063] $Z_{pp}(m, p)$ est une corrélation partielle d'un type P , le nombre P étant compris entre 1 et P ;

[0064] P_{ref} est une puissance de référence déterminée en fonction des corrélations ponctuelles voie pilotes ;

[0065] $\text{Re}[X]$ est la partie réelle d'un nombre complexe X ; et

[0066] σ^2 est la variance du bruit de chacune des fonctions $I_{pp}(p)$;

[0067] - la deuxième valeur est déterminée en outre en fonction d'une pluralité de corrélations partielles voie de données correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur un intervalle de durée égale à une fraction de la valeur de référence entre le signal reçu et le signal local de données ;

[0068] - chaque corrélation décalée voie pilote est déterminée en utilisant l'image locale du code d'étalement pilote avancé ou retardé d'une ou de deux unités de référence ;

[0069] - la troisième valeur est déterminée comme suit :

$$[0070] \quad v_3 = \frac{\sum_{k \in E} (I_{p+k}^2)}{P_{ref}} \sigma^2,$$

[0071] où

$$[0072] \quad I_{p+k}(p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} \text{Re}[Z_{pd}(m, kT_{chip})] \cdot \epsilon(m),$$

[0073] où

[0074] v_3 est la troisième valeur ;

[0075] N est le nombre des corrélations décalées ;

[0076] $\epsilon(m)$ est le code secondaire de la voie pilote, ses valeurs étant égales à 1 ou à -1 ;

- [0077] E est un sous-ensemble de l'ensemble $\{-K, \dots, -1, 1, \dots, K\}$, où K est le nombre maximal de décalages utilisés dans un sens ;
- [0078] $Z_{pd}(m, kT_{chip})$ est une corrélation avancée de k unités de référence lorsque $k > 0$ et retardée de k unités de référence lorsque $k < 0$;
- [0079] P_{ref} est une puissance de référence déterminée en fonction des corrélations ponctuelles voie pilote ; et
- [0080] σ^2 est la variance du bruit de chacune des fonctions $I_{p+k}(p)$;
- [0081] - au moins deux étapes parmi les étapes de détermination d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie pilote, de détermination d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote et de détermination d'une pluralité de corrélations décalées voie pilote sont mises en œuvre ;
- [0082] avantageusement, le procédé comprenant la mise en œuvre de l'ensemble desdites étapes.
- [0083] L'invention a également pour objet un produit programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsque mises en œuvre par un équipement informatique, mettent en œuvre un procédé tel que défini ci-dessus.
- [0084] L'invention a également pour objet un récepteur mettant en œuvre le procédé tel que défini précédemment.
- [0085] Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :
- [0086] - [fig.1] la figure 1 est une vue schématique d'un système global de positionnement par satellites et d'un récepteur selon l'invention ;
- [0087] - [fig.2] la figure 2 est une vue détaillée du récepteur de la figure 1 ; et
- [0088] - [fig.3] la figure 3 est un organigramme d'un procédé de détection mis en œuvre par le récepteur de la figure 2.
- [0089] On a en effet représenté sur la figure 1, un système global 10 de positionnement par satellites du type GNSS (de l'anglais « *Global Navigation Satellite System* »). Ce système global 10 est par exemple le système GALILEO.
- [0090] En référence à cette figure 1, le système de positionnement 10 comporte une pluralité de satellites Sat_n disposés sur des orbites différentes autour de la Terre pour laquelle le système de positionnement 10 est mis en place.
- [0091] Le nombre total des satellites Sat_n est par exemple égal à 30.
- [0092] L'indice n correspond à un identifiant de chaque satellite Sat_n et varie par exemple entre 1 et 30.
- [0093] Chaque satellite Sat_n est apte à émettre des signaux électromagnétiques S vers une partie de la surface terrestre 14 qu'il est en train de survoler.

- [0094] En particulier, les satellites Sat_n sont disposés de telle sorte qu'au moins quatre satellites Sat_n sont aptes à émettre des signaux électromagnétiques de navigation S vers sensiblement chaque point de la surface terrestre 14.
- [0095] La position courante de chaque satellite Sat_n est caractérisée par les éphémérides relatives à ce satellite ou par l'almanach de celui-ci.
- [0096] Comme cela est connu en soi, les éphémérides permettent de déterminer la position exacte du satellite Sat_n alors que l'almanach donne une position grossière.
- [0097] Chaque signal S émis par chacun des satellites Sat_n comprend une voie de données comportant une information de navigation.
- [0098] En particulier, un tel signal S comprend une information de navigation modulée par un code d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ propre au satellite Sat_n ayant émis ce signal.
- [0099] L'information de navigation modulée est portée par une onde porteuse $exp(-j\phi_p)$ selon une technique connue en soi.
- [0100] Chaque signal S émis par chacun des satellites Sat_n comprend en outre une voie pilote comportant un code d'étalement pilote $C_n^p(\phi_c)$ propre au satellite Sat_n ayant émis ce signal.
- [0101] Chaque information de navigation comprend notamment le temps d'émission du signal correspondant, les éphémérides et l'almanach du satellite Sat_n au moment de l'émission du signal S .
- [0102] Chaque code d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ ou pilote $C_n^p(\phi_c)$ présente un code binaire du type pseudo-aléatoire, connu également dans l'état de l'art sous le sigle anglais PRN (pour « *Pseudo Random Noise* »).
- [0103] Chaque code d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ ou pilote $C_n^p(\phi_c)$ est un code périodique avec une période de code dénotée L_c et exprimée en un nombre entier d'unités de référence.
- [0104] L'unité de référence est par exemple un chip dont la durée est dénotée T_{chip} et exprimée en secondes.
- [0105] On entend par « chip », une unité de référence correspondant à un créneau d'un code du type pseudo-aléatoire.
- [0106] Sur la durée de chaque unité de référence, ou chip, le code d'étalement prend une valeur constante égale soit à +1 soit à -1.
- [0107] Les codes d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ ou pilote $C_n^p(\phi_c)$ sont caractérisés par leur fonctions d'autocorrélation $R_{n,n}$ déterminées respectivement par les formules suivantes :
- [0108]

$$R_{n,n}(\tau) = \frac{1}{L_c} \int_0^{L_c} C_n^d(u) C_n^d(u+\tau) du,$$

[0109]

$$R_{n,n}(\tau) = \frac{1}{L_c} \int_0^{L_c} C_n^p(u) C_n^p(u+\tau) du.$$

[0110] Notamment, dans le point $\tau = \mathbf{0}$, dit point de référence, la fonction d'autocorrélation $R_{n,n}$ prend sa valeur maximale V_{max} . Pour $\tau \leq -T_{chip}$ et $\tau \geq T_{chip}$, la fonction d'autocorrélation $R_{n,n}$ prend des valeurs V très petites devant V_{max} , c'est-à-dire, $V \ll V_{max}$.

[0111] Les codes d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ ou pilote $C_n^p(\phi_c)$ correspondant aux satellites Sat_n différents, sont quasi-perpendiculaires. Autrement dit, la fonction d'inter-corrélation $R_{n,j}$ entre chaque couple de codes d'étalement différents $C_n^d(\phi_c)$ et $C_i^d(\phi_c)$ ou $C_n^p(\phi_c)$ et $C_i^p(\phi_c)$ prend des valeurs V négligeables devant V_{max} , les fonction d'inter-corrélation $R_{n,j}$ pour ces codes étant déterminées respectivement par les formules suivantes :

[0112]

$$R_{n,j}(\tau) = \frac{1}{L_c} \int_0^{L_c} C_n^d(u) C_j^d(u+\tau) du,$$

[0113]

$$R_{n,j}(\tau) = \frac{1}{L_c} \int_0^{L_c} C_n^p(u) C_j^p(u+\tau) du.$$

[0114] Chaque code d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ permet de moduler l'information de navigation émise par le satellite Sat_n .

[0115] Chaque signal issu d'un satellite Sat_n est démodulé en utilisant un code d'étalement qui est l'image locale $C_n^d(\phi_{cloc})$ du code d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ ou l'image locale $C_n^p(\phi_{cloc})$ du code d'étalement pilote $C_n^p(\phi_c)$ correspondant à ce satellite.

[0116] Ces signaux sont démodulés selon différentes techniques d'émission des signaux de type complexe connues en soi.

[0117] Selon la technique connue sous le terme « Multiplexage CDMA » (de l'anglais « Code Division Multiple Access » ou « accès multiple à répartition en code » en français), chaque signal complexe est transmis via deux ondes porteuses à la même fréquence et de manière synchrone. Dans ce cas, le code d'étalement composite correspond à la somme des codes d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ et pilote $C_n^p(\phi_c)$ correspondants.

[0118] Selon l'exemple de réalisation décrit ci-après, le système de positionnement 10 est le système GPS (de l'anglais « Global Positioning System »).

- [0119] Bien entendu, d'autres exemples de réalisation sont également possibles.
- [0120] Les signaux S émis au moins par certains des satellites Sat_n sont reçus par un récepteur 20.
- [0121] Le récepteur 20 est par exemple un dispositif électronique portable.
- [0122] Le récepteur 20 est apte par exemple à se déplacer sur la surface terrestre 14 ou à la proximité de celle-ci avec une vitesse variable.
- [0123] Le récepteur 20 est apte à recevoir des signaux S issus des satellites Sat_n , et à extraire de ces signaux S les informations de navigation pour déduire sa position courante, sa vitesse courante et l'heure comme ceci sera expliqué par la suite.
- [0124] Le récepteur 20 est illustré plus en détail sur la figure 2.
- [0125] Ainsi, en référence à cette figure 2, le récepteur 20 comporte une antenne 22, un module d'acquisition 24, un module de poursuite 26, un module de détection 28, un module de commande 30 et des ressources matérielles.
- [0126] Les modules 24, 26, 28 et 30 se présentent par exemple sous la forme des logiciels qui sont mis en œuvre par les ressources matérielles prévues à cet effet, telles qu'un processeur, une mémoire vive, une mémoire morte, etc. Les ressources matérielles sont par exemple alimentées par une batterie.
- [0127] En particulier, la mémoire morte du récepteur 20 est apte à stocker des images des codes d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ et éventuellement pilote $C_n^p(\phi_c)$ de chaque satellite Sat_n .
- [0128] L'antenne 22 est apte à recevoir des signaux S_r électromagnétiques correspondant aux signaux S émis par les satellites Sat_n lorsque ceux-ci se trouvent dans un domaine de sa visibilité.
- [0129] Le module de commande 30 est apte à piloter le fonctionnement des modules 24, 26 et 28.
- [0130] Le module d'acquisition 24 est apte à mettre en œuvre une phase d'acquisition des signaux S_r selon des techniques connues en soi.
- [0131] Le module de poursuite 26 est apte à mettre en œuvre une phase de poursuite des signaux S_r selon des techniques connues en soi.
- [0132] Finalement, le module de détection 28 est apte à mettre en œuvre une phase de convergence, transitoire entre la phase d'acquisition et la phase de poursuite. La phase de convergence comprend notamment un procédé de détection d'une fausse synchronisation selon l'invention. Ce procédé sera décrit en détail par la suite.
- [0133] Le fonctionnement du récepteur 20 va désormais être expliqué.
- [0134] À chaque démarrage du récepteur 20, le module de commande 30 initie une pluralité de canaux d'acquisition pour l'ensemble des satellites Sat_n . Chacun de ces canaux permet d'acquérir l'information de navigation issue du satellite Sat_n auquel il est

associée, lorsque ce satellite Sat_n est dans le domaine de visibilité de l'antenne 22.

[0135] Le fonctionnement du récepteur 20 sur chaque canal d'acquisition est sensiblement analogue. Ainsi, seul le fonctionnement du récepteur 20 sur un canal sera expliqué ci-après.

[0136] Ce canal est associé par exemple au satellite Sat_n , dit par la suite satellite recherché. Il est supposé en outre que le satellite Sat_n est situé dans le domaine de visibilité de l'antenne 22 et que ce satellite est apte à émettre des signaux de navigation.

[0137] Le récepteur 20 génère un signal local de données S_{loc}^d comportant une onde porteuse locale $\exp(-j\phi_{ploc})$ et un code d'étalement local de données $C_n^d(\phi_{cloc})$ correspondant à une image locale du code d'étalement de données $C_n^d(\phi_c)$ du satellite recherché.

[0138] Le signal local de données S_{loc}^d en fonction du temps t s'écrit alors sous la forme suivante :

$$[0139] \quad S_{loc}^d(t) = \exp(-j\phi_{ploc}(t)) \cdot C_n^d(\phi_{cloc}(t)),$$

[0140] avec $j^2 = -1$.

[0141] Le récepteur 20 génère en outre un signal local pilote S_{loc}^p comportant une onde porteuse locale $\exp(-j\phi_{ploc})$ et un code d'étalement local pilote $C_n^p(\phi_{cloc})$ correspondant à une image locale du code d'étalement de pilote $C_n^p(\phi_c)$ du satellite recherché.

[0142] Le signal local pilote S_{loc}^p en fonction du temps t s'écrit alors sous la forme suivante :

$$[0143] \quad S_{loc}^p(t) = \exp(-j\phi_{ploc}(t)) \cdot C_n^p(\phi_{cloc}(t)),$$

[0144] avec $j^2 = -1$.

[0145] Puis, le module de commande 30 lance l'exécution de la phase d'acquisition qui est alors mise en œuvre par le module d'acquisition 24.

[0146] En particulier, lors de la phase d'acquisition, le module d'acquisition 24 détermine une valeur de Doppler et une valeur de retard du signal reçu S_r par rapport au signal local de données S_{loc}^d ou pilote S_{loc}^p .

[0147] La valeur de Doppler correspond au décalage en fréquence de l'onde porteuse locale $\exp(-j\phi_{ploc})$ par rapport à l'onde porteuse $\exp(-j\phi_p)$ du signal S_r reçu.

[0148] La valeur de retard correspond au retard du code d'étalement pilote $C_n^p(\phi_c)$ de ce signal reçu par rapport au code d'étalement local pilote $C_n^p(\phi_{cloc})$.

- [0149] Les valeurs de retard sont déterminées selon des techniques connues qui comprennent notamment le calcul de corrélations de trois types.
- [0150] Un premier type de corrélations, dit ponctuel, consiste à calculer des corrélations entre le signal reçu S_r et le signal local de données S_{loc}^d ou pilote S_{loc}^p .
- [0151] Un deuxième type de corrélations, dit d'avance, consiste à calculer des corrélations entre le signal reçu S_r et un signal correspondant au signal local de données S_{loc}^d ou pilote S_{loc}^p dans lequel le code d'étalement local $C_n^d(\phi_{cloc} + d)$ ou $C_n^p(\phi_{cloc} + d)$ est décalé en avance d'une valeur d comprise entre 0 et T_{chip} .
- [0152] Un troisième type de corrélations, dit de retard, consiste à calculer des corrélations entre le signal reçu S_r et un signal correspondant au signal local de données S_{loc}^d ou pilote S_{loc}^p dans lequel le code d'étalement local $C_n^d(\phi_{cloc} - d)$ ou $C_n^p(\phi_{cloc} - d)$ est décalé en retard de la même valeur d .
- [0153] À l'issue de la phase d'acquisition, le récepteur 20 synchronise le signal local de données S_{loc}^d ou pilote S_{loc}^p avec le signal S émis par le satellite Sat_n recherché en utilisant les valeurs de Doppler et de retard déterminées.
- [0154] Puis, le module de commande 30 lance l'exécution de la phase de convergence et notamment du procédé de détection d'une fausse synchronisation. Ce procédé est notamment mis en œuvre par le module de détection 28.
- [0155] La phase de convergence réalise un asservissement de la valeur de retard du code d'étalement local $C_n^d(\phi_{cloc})$ ou $C_n^p(\phi_{cloc})$ et de la valeur de Doppler de l'onde porteuse locale $exp(-j\phi_{ploc})$, sur le signal reçu S_r , grâce à des boucles de poursuite de code et de porteuse, grâce notamment aux trois types de corrélation précités.
- [0156] Cette phase transitoire permet de faire coïncider précisément le code d'étalement local $C_n^d(\phi_{cloc})$ ou $C_n^p(\phi_{cloc})$ et l'onde porteuse locale $exp(-j\phi_{ploc})$ avec le code d'étalement $C_n^d(\phi_c)$ ou $C_n^p(\phi_c)$ et l'onde porteuse $exp(-j\phi_p)$ du signal satellite reçu S_r .
- [0157] En outre, le procédé de détection mis en œuvre pendant cette phase permet de détecter une fausse synchronisation du canal d'acquisition correspondant avec un satellite Sat_p autre que le satellite recherché Sat_n .
- [0158] Notamment, lors d'une fausse synchronisation, les valeurs de Doppler et de retard déterminées par le module d'acquisition 24, correspondent au signal S émis par un satellite Sat_p autre que le satellite Sat_n recherché.

- [0159] On conçoit alors que dans ce cas, les signaux S_{loc}^d ou S_{loc}^p et S ne peuvent pas être synchronisés correctement. Il s'agit donc d'une fausse synchronisation et d'un faux accrochage.
- [0160] Lorsque le module de détection 28 détecte une fausse synchronisation, le module de commande 30 lance à nouveau la phase d'acquisition.
- [0161] Lorsque le module de détection 28 ne détecte pas de fausse synchronisation, le module de commande 30 lance la phase de poursuite qui est alors mise en œuvre par le module de poursuite 26.
- [0162] En particulier, lors de la phase de poursuite, le module de poursuite 26 met à jour régulièrement les valeurs de Doppler et de retard ce qui lui permet de démoduler le signal reçu S_r et d'en extraire l'information de navigation correspondante. Il transmet par la suite cette information au module de commande 30.
- [0163] Finalement, le module de commande 30 consolide l'ensemble des informations acquises par l'ensemble des voies d'acquisition et en déduit la position du récepteur 20, sa vitesse et l'heure.
- [0164] Le procédé de détection d'une fausse synchronisation va désormais être expliqué en détail en référence à la figure 3 présentant un organigramme de ses étapes.
- [0165] En particulier, ce procédé comprend les étapes 110, 120 et 130 correspondant chacune à un critère d'une fausse synchronisation. Ces critères sont ensuite comparés avec des seuils prédéterminés lors de l'étape 140 qui permet alors de conclure si une fausse synchronisation a eu lieu ou non.
- [0166] Les étapes 110 à 130 sont indépendantes l'une de l'autre et peuvent donc être mise en œuvre en parallèle ou de façon consécutive. Dans un mode de réalisation particulier, au moins certaines de ces étapes sont mises en œuvre en utilisant des résultats des calculs précédents effectués notamment lors de la phase d'acquisition.
- [0167] Par ailleurs, dans le mode de réalisation décrit ci-dessous, les trois étapes 110 à 130 sont mises en œuvre et les trois critères sont donc comparés avec les seuils correspondants lors de l'étape 140.
- [0168] Selon un autre exemple de réalisation, seulement deux étapes parmi les étapes 110 à 130 sont mises en œuvre et les deux critères obtenus sont donc comparés avec les seuils correspondants lors de l'étape 140.
- [0169] Selon encore un autre exemple de réalisation, seulement une étape parmi les étapes 110 à 130 est mise en œuvre et le critère obtenu est donc comparé avec le seuil correspondant lors de l'étape 140.
- [0170] Avant la mise œuvre des étapes 110 à 140, le module de détection 28 détermine une pluralité d'intervalles de corrélation qui sont par exemple les mêmes pour l'ensemble de ces étapes.

[0171] Chaque intervalle de corrélation est ainsi appelé intervalle de référence et sera identifié par la suite par l'indice m variant entre 1 et N , N étant le nombre total d'intervalles de références sur la durée de la phase de convergence.

[0172] Les intervalles de référence ont par exemple sensiblement la même durée T qui est égale par exemple à 20 ms. Cette durée T sera appelée par la suite valeur de référence.

[0173] Lors de l'étape 110, le module de détection 28 détermine une première valeur ν_1 correspondant à l'anisotropie de la matrice de covariance entre les voies pilote et de données.

[0174] En particulier, lors de cette étape 110, le module de détection 28 détermine d'abord une pluralité de corrélations ponctuelles voie pilote $Z_p(m)$ et une pluralité de corrélations ponctuelles voie de données $Z_d(m)$.

[0175] Ces corrélations ponctuelles $Z_p(m)$ et $Z_d(m)$ sont déterminées comme suit :

$$[0176] \quad Z_p(m) = \frac{1}{T} \int_{[mT, (m+1)T]} S_{loc}^p(t) \cdot S_r(t),$$

$$[0177] \quad Z_d(m) = \frac{1}{T} \int_{[mT, (m+1)T]} S_{loc}^d(t) \cdot S_r(t),$$

[0178] où

[0179] S_{loc}^p , S_{loc}^d et S_r correspondent respectivement aux signal local pilot, signal local de données et signal reçu, comme expliqué précédemment ; et

[0180] X^* signifie conjugué du nombre complexe X .

[0181] Puis, le module de détection 28 détermine une covariance P_{pp} des corrélations ponctuelles voie pilote $Z_p(m)$, une covariance P_{dd} des corrélations ponctuelles voie de données, une covariance P_{pd} des corrélations ponctuelles voie pilote et des corrélations ponctuelles voie de données et une puissance de référence P_{ref} .

[0182] Ces valeurs sont définies comme suit :

$$[0183] \quad P_{pp} = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} Z_p(m) \times Z_p(m)^* = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} \|Z_p(m)\|^2,$$

$$[0184] \quad P_{dd} = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} Z_d(m) \times Z_d(m)^* = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} \|Z_d(m)\|^2,$$

$$[0185] \quad P_{pd} = \text{Re} \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} Z_p(m) \times Z_d(m)^* \right],$$

$$[0186] \quad P_{ref} = \left\| \frac{1}{N} \sum_m Z_p(m) \cdot \exp(-j\theta(m)) \cdot \epsilon(m) \right\|^2,$$

[0187] où

[0188] $\text{Re}[X]$ signifie partie réelle du nombre complexe X ;

[0189] $\epsilon(m) = \pm 1$ est le code secondaire de la voie pilote ; et

[0190] $\theta(m)$ est l'estimation de la phase du nombre complexe $Z_p(m)$ effectuée grâce à la boucle de phase de porteuse.

[0191] Finalement, le module de détection 28 détermine la première valeur ν_1 comme suit

$$[0192] \quad \nu_1 = \frac{(P_{pp} - P_{dd})^2 + 4P_{pd}^2}{\left(\frac{P_{ref}}{N}\right)^2} \sigma^2,$$

[0193] où σ^2 est la variance du bruit de $(P_{pp} - P_{dd})$ et de $2P_{pd}$.

[0194] La première valeur ν_1 suit une loi de χ_2 avec deux degrés de liberté.

[0195] Lors de l'étape 120, le module de détection 28 détermine une deuxième valeur ν_2 en utilisant une pluralité de corrélations partielles voie pilote $Z_{pp}(m, p)$.

[0196] Chaque corrélation partielle voie pilote $Z_{pp}(m, p)$ correspond à une corrélation ponctuelle sur un intervalle d'intégration de longueur égale à une fraction de la valeur de référence T entre le signal reçu S_r et le signal local pilote S_{loc}^p .

[0197] Dans la notation $Z_{pp}(m, p)$, le nombre P détermine le type de la corrélation partielle. Le nombre P varie entre 1 et P , le nombre P signifiant le nombre de fractions de l'intervalle de référence qui, dans l'exemple décrit, est égale à 4. Par ailleurs, ces fractions présentent toutes une même durée qui est égale alors à $T/4$.

[0198] Ainsi, chaque corrélation partielle voie pilote $Z_{pp}(m, p)$ est déterminée comme suit :

$$[0199] \quad Z_{pp}(m, p) = \frac{1}{T} \int_{[mT + (p-1)T/4, mT + pT/4]} S_{loc}^{p*}(t) \cdot S_r(t) dt.$$

[0200] Finalement, la deuxième valeur ν_2 est déterminée en utilisant la relation suivante :

$$[0201] \quad \nu_2 = \frac{Sum_P}{P_{ref}} \sigma^2,$$

[0202] où

$$[0203] \quad Sum_P = (I_{pp}(1) - M)^2 + (I_{pp}(2) - M)^2 + (I_{pp}(3) - M)^2 + (I_{pp}(4) - M)^2,$$

$$[0204] \quad M = \frac{1}{4} \sum_{p=1, \dots, 4} I_{pp}(p),$$

$$[0205] \quad I_{pp}(p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} Re[Z_{pp}(m, p)] \cdot \epsilon(m),$$

[0206] et

[0207] où

[0208] les valeurs $\epsilon(m)$ et P_{ref} sont définies précédemment ; et

[0209] σ^2 est la variance du bruit de chacune des fonctions $I_{pp}(p)$.

[0210] La deuxième valeur ν_2 suit une loi de χ_2 avec trois degrés de liberté.

[0211] En variante, il est possible de déterminer la deuxième valeur ν_2 en utilisant également des corrélations partielles voie de données qui sont déterminées de manière analogue à celle utilisée pour déterminer les corrélations partielles voie pilote.

[0212] Dans ce cas, la deuxième valeur v_2 est déterminée comme suit :

$$[0213] \quad v_2 = \frac{Sum_p + Sum_d}{P_{ref}},$$

[0214] où la valeur Sum_d est déterminée de manière analogue à celle de la valeur Sum_p mais en utilisant des corrélations partielles voie de données.

[0215] Lors de l'étape 130, le module de détection détermine une troisième valeur v_3 en fonction d'une pluralité de corrélations décalées voie pilote $Z_{pd}(m, \tau)$.

[0216] En particulier, chaque corrélation décalée voie pilote $Z_{pd}(m, \tau)$ correspond à une corrélation décalée entre le signal reçu S_r et un signal local décalé S_{loc}^{dp} correspondant au signal local pilote S_{loc}^p dans lequel l'image locale du code d'étalement pilote $C_n^p(\phi_{cloc})$ est décalée d'un nombre entier de chips.

[0217] Ainsi, chaque corrélation décalée voie pilote $Z_{pd}(m, \tau)$ est déterminé comme suit :

$$[0218] \quad Z_{pd}(m, \tau) = \frac{1}{T} \int_{[mT, (m+1)T]} S_{loc}^{pd*}(t, \tau) \cdot S_r(t),$$

[0219] où

$$[0220] \quad S_{loc}^{pd}(t, \tau) = \exp(-j\phi_{ploc}(t)) \cdot C_n^p(\phi_{cloc}(t) + \tau),$$

[0221] avec $j^2 = -1$ et $\tau = kT_{chip}$, où le nombre k varie entre $-K$ et K et est différent de 0 , le nombre K signifiant le nombre maximal de décalages utilisés dans un sens.

[0222] Dans l'exemple décrit, quatre type de corrélations décalées correspondant respectivement à $k = +2, +1, -1$ et -2 sont déterminées. Ces corrélations sont dites très avancées ou très retardées en fonction du signe de k .

[0223] Selon d'autres exemples de réalisation, seules des corrélations très avancées ou des corrélations très retardées sont utilisées.

[0224] La troisième valeur v_3 est déterminée comme suit :

$$[0225] \quad v_3 = \frac{I_{p+1}^2 + I_{p+2}^2 + I_{p-1}^2 + I_{p-2}^2}{P_{ref}} \sigma^2,$$

[0226] où

$$[0227] \quad I_{p+k}(p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} Re [Z_{pd}(m, kT_{chip})] \cdot \epsilon(m),$$

[0228] où

[0229] les valeurs $\epsilon(m)$ et P_{ref} sont définies précédemment ; et

[0230] σ^2 est la variance du bruit de chacune des fonctions $I_{p+k}(p)$.

[0231] La troisième valeur v_3 suit une loi de χ_2 avec quatre degrés de liberté.

[0232] En variante, comme dans le cas précédent, il est possible d'utiliser des corrélations

décalées voie de données. Dans cas, les valeurs $I_{p+k}(p)$ pour les corrélations décalées voie de données seront déterminées de manière analogue à celle utilisée pour déterminer ces valeurs pour les corrélations décalées voie pilote.

- [0233] Lors de l'étape 140, le module de détection 28 analyse les valeurs v_1 , v_2 et v_3 pour détecter une fausse synchronisation.
- [0234] En particulier, lorsque au moins l'une de ces valeurs v_1 , v_2 et v_3 dépasse un seuil prédéterminé pour cette valeur, le module de détection 28 détecte une fausse synchronisation.
- [0235] On conçoit alors que la présente invention présente un certain nombre d'avantages.
- [0236] En effet, l'invention permet de détecter une phase synchronisation avec un satellite indépendamment du type des codes d'étalement utilisés.
- [0237] Cette détection s'effectue avec une grande probabilité ce qui rend l'invention particulièrement efficace.
- [0238] De plus, l'invention présente des avantages particuliers lorsque le système global 10 est le système GALILEO et lorsque notamment, le récepteur selon l'invention est utilisé pour recevoir des signaux dits « ouverts » de la bande L1.
- [0239] Il est connu dans ce cas que les codes d'étalement de données ou pilote utilisés sont périodique à 4 millisecondes.
- [0240] Ainsi, il n'y a pas besoin de recalculer les corrélations partielles lors de l'étape 120 lorsque le nombre P est égal à 4, c'est-à-dire lorsque les corrélations partielles sont calculées sur un quart de l'intervalle de référence soit 1 milliseconde, car ces corrélations ont déjà été calculées sur des intervalles de temps de 1 milliseconde, correspondant à un temps d'intégration couramment utilisé dans les canaux satellites des récepteurs.
- [0241] Finalement, il a été observé que les codes d'étalement de données ou pilote desdits signaux présentent des propriétés particulières. En particulier, leurs autocorrélations sont nulles ou quasi-nulles à -2 chip, -1 chip, $+1$ chip et $+2$ chip autour du pic d'autocorrélation principal. Cela rend alors la troisième valeur v_3 particulièrement représentative d'un faux accrochage lorsque $K = 2$.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de détection d'une fausse synchronisation d'un récepteur (20) avec un satellite (Sat_n) lors d'une phase d'acquisition d'un signal de navigation issu de ce satellite (Sat_n), le satellite (Sat_n) faisant partie d'un système (10) global de positionnement par satellites ;

le signal de navigation comprenant une voie de données comportant une information de navigation modulée par un code d'étalement de données ($C_n^d(\phi_c)$) propre à ce satellite (Sat_n) et portée par une onde porteuse ($exp(-j\phi_p)$), et une voie pilote comportant un code d'étalement pilote ($C_n^p(\phi_c)$) propre à ce satellite (Sat_n) et portée par une onde porteuse ($exp(-j\phi_p)$) ;

lors de la phase d'acquisition, le récepteur (20) étant apte à recevoir le signal de navigation, dit signal reçu (S_r), émis par le satellite (Sat_n), à générer un signal local de données (S_{loc}^d) comportant une image locale du code d'étalement de données ($C_n^d(\phi_{cloc})$) et une image locale de l'onde porteuse ($exp(-j\phi_{ploc})$), et à générer un signal local pilote (S_{loc}^p) comportant une image locale du code d'étalement pilote ($C_n^p(\phi_{cloc})$) et l'image locale de l'onde porteuse ($exp(-j\phi_{ploc})$) ;

le procédé étant mis en œuvre après la phase d'acquisition pendant une phase de convergence et comprenant au moins l'une des étapes suivantes :

- détermination (110) d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie pilote ($Z_p(m)$) correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur un intervalle de référence de durée égale à une valeur de référence (T) entre le signal reçu (S_r) et le signal local pilote (S_{loc}^p), et d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie de données ($Z_d(m)$) correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur l'un des intervalles de référence entre le signal reçu (S_r) et le signal local de données (S_{loc}^d), et détermination d'une première valeur (P_1) en fonction de ces corrélations ponctuelles ;

- détermination (120) d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote ($Z_{pp}(m, p)$) correspondant chacune à une corrélation ponctuelle

sur un intervalle de durée égale à une fraction de la valeur de référence (T) entre le signal reçu (S_r) et le signal local pilote (S_{loc}^p), et détermination d'une deuxième valeur (v_2) en fonction de ces corrélations partielles ;

- détermination (130) d'une pluralité de corrélations décalées voie pilote ($Z_{pd}(m, \tau)$) correspondant chacune à une corrélation décalée sur l'un des intervalles de référence entre le signal reçu (S_r) et un signal local décalé (S_{loc}^{dp}) correspondant au signal local pilote (S_{loc}^p) dans lequel l'image locale du code d'étalement pilote ($C_n^p(\phi_{cloc})$) est décalée d'un nombre entier d'unités de référence, et détermination d'une troisième valeur (v_3) en fonction de ces corrélations décalées voie pilote ;

la phase de convergence comprenant en outre l'étape suivante :

- détermination (140) d'une fausse synchronisation lorsque au moins l'une des valeurs parmi la première valeur (v_1), la deuxième valeur (v_2) et la troisième valeur (v_3), lorsqu'une telle valeur est déterminée, dépasse un seuil prédéterminé.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première valeur (v_1) est déterminée sur la base de covariances entre les corrélations ponctuelles voie pilote ($Z_p(m)$) et les corrélations ponctuelles voie de données ($Z_d(m)$).

[Revendication 3]

Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première valeur (v_1) est déterminée comme suit :

$$v_1 = \frac{(P_{pp} - P_{dd})^2 + 4P_{pd}^2}{(P_{ref}/N)^2} \sigma^2,$$

où

v_1 est la première valeur ;

N est le nombre des corrélations ponctuelles voie pilote égal au nombre des corrélations ponctuelles voie de données ;

P_{pp} est la covariance des corrélations ponctuelles voie pilote ;

P_{dd} est la covariance des corrélations ponctuelles voie de données ;

P_{pd} est la covariance des corrélations ponctuelles voie pilote et des corrélations ponctuelles voies de données ;

P_{ref} est une puissance de référence déterminée en fonction des corrélations ponctuelles voie pilote ; et

σ^2 est la variance du bruit de ($P_{pp} - P_{dd}$) et de $2P_{pd}$.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, lors de l'étape de l'étape de détermination (120) d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote ($Z_{pp}(m, p)$), P types de corrélations partielles ($Z_{pp}(m, p)$) sont déterminées, une corrélation partielle ($Z_{pp}(m, p)$) d'un type donné étant déterminée sur une fraction prédéterminée de l'un des intervalles de référence.

[Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel la deuxième valeur (v_2) est déterminée comme suit :

$$v_2 = \frac{Sum_P}{P_{ref}} \sigma^2,$$

où

$$Sum_P = \sum_{p=1, \dots, P} (I_{pp}(p) - M)^2,$$

$$M = \frac{1}{P} \sum_{p=1, \dots, P} I_{pp}(p),$$

$$I_{pp}(p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} Re \{ Z_{pp}(m, p) \} \cdot \epsilon(m),$$

où

v_2 est la deuxième valeur ;

N est le nombre des corrélations partielles ;

$\epsilon(m)$ est le code secondaire de la voie pilote qui est égal à 1 ou à -1 ;

$Z_{pp}(m, p)$ est une corrélation partielle d'un type P , le nombre P étant compris entre 1 et P ;

P_{ref} est une puissance de référence déterminée en fonction des corrélations ponctuelles voie pilotes ;

$Re[X]$ est la partie réelle d'un nombre complexe X ; et

σ^2 est la variance du bruit de chacune des fonctions $I_{pp}(p)$.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la deuxième valeur (v_2) est déterminée en outre en fonction d'une pluralité de corrélations partielles voie de données correspondant chacune à une corrélation ponctuelle sur un intervalle de durée égale à une fraction de la valeur de référence (T) entre le signal reçu (S_r) et le signal local de données (S_{loc}^d).

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque corrélation décalée voie pilote ($Z_{pd}(m, \tau)$) est déterminée en utilisant l'image locale du code d'étalement pilote ($C_n^p(\phi_{cloc})$) avancé ou retardé d'une ou de deux unités de référence.

[Revendication 8]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la troisième valeur (v_3) est déterminée comme suit :

$$v_3 = \frac{\sum_{k \in E} (I_{p+k}^2)}{P_{ref}} \sigma^2,$$

où

$$I_{p+k}(p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1, \dots, N} \text{Re} [Z_{pd}(m, kT_{chip})] \cdot \epsilon(m),$$

où

v_3 est la troisième valeur ;

N est le nombre des corrélations décalées ;

$\epsilon(m)$ est le code secondaire de la voie pilote, ses valeurs étant égales à 1 ou à -1 ;

E est un sous-ensemble de l'ensemble $\{-K, \dots, -1, 1, \dots, K\}$, où

K est le nombre maximal de décalages utilisés dans un sens ;

$Z_{pd}(m, kT_{chip})$ est une corrélation avancée de k unités de référence lorsque $k > 0$ et retardée de k unités de référence lorsque $k < 0$;

P_{ref} est une puissance de référence déterminée en fonction des corrélations ponctuelles voie pilote ; et

σ^2 est la variance du bruit de chacune des fonctions $I_{p+k}(p)$.

[Revendication 9]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans

lequel au moins deux étapes parmi les étapes de détermination (110)

d'une pluralité de corrélations ponctuelles voie pilote ($Z_p(m)$), de dé-

termination (120) d'une pluralité de corrélations partielles voie pilote (

$Z_{pp}(m, p)$) et de détermination (130) d'une pluralité de corrélations

décalées voie pilote ($Z_{pd}(m, \tau)$) sont mises en œuvre;

avantageusement, le procédé comprenant la mise en œuvre de l'ensemble desdites étapes.

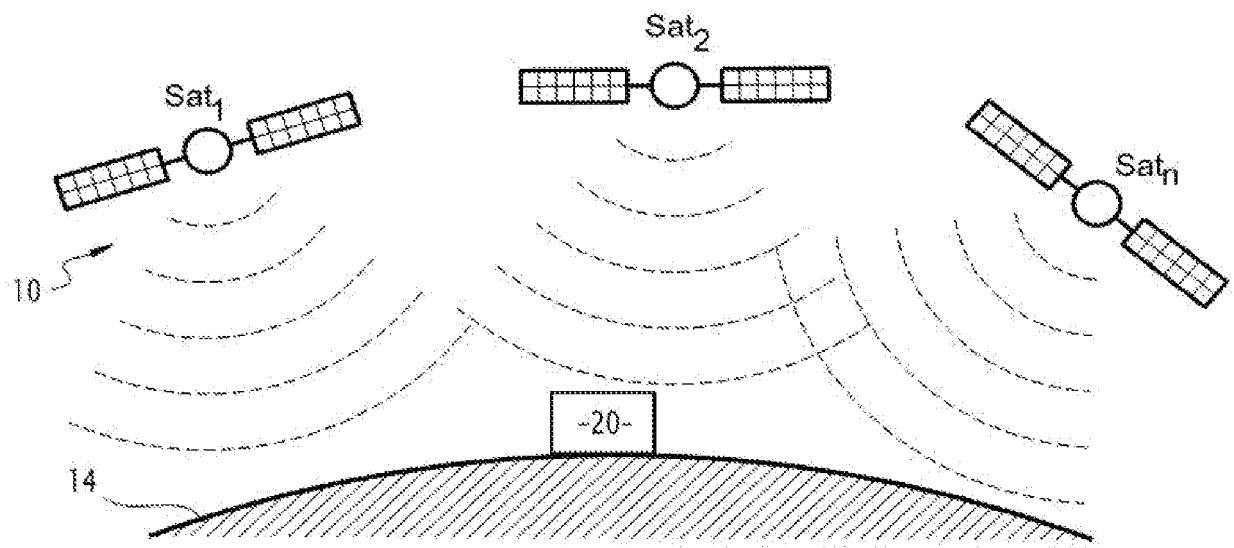
[Revendication 10]

Produit programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsque mises en œuvre par un équipement informatique, mettent en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

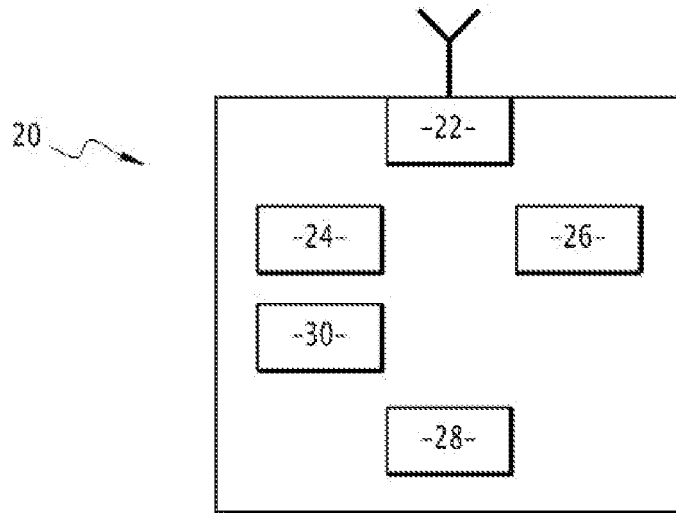
[Revendication 11]

Récepteur (20) comportant un module de détection (28) configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

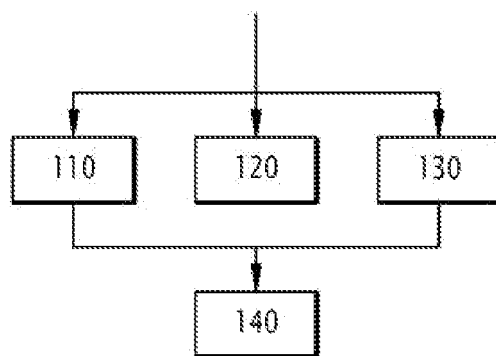
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche

 N° d'enregistrement
 national

 FA 873718
 FR 1909209

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y,D	FR 3 047 567 A1 (THALES SA [FR]) 11 août 2017 (2017-08-11) * abrégé; revendication 1 * * page 9 - page 15 * * revendications 1-10 * -----	1,4,6,7, 9-11	G01S19/21 G01S19/30 G01S19/22 H04B1/707
Y	US 2011/103432 A1 (TANGUDU JAWAHARLAL [IN] ET AL) 5 mai 2011 (2011-05-05) * alinéa [0013] - alinéa [0019] * * abrégé * * figures 1-38 * * alinéa [0084] - alinéa [0109] * * alinéa [0224] - alinéa [0224] * * alinéa [0141] - alinéa [0141] * * alinéa [0325] - alinéa [0328] * -----	1,4,6,7, 9-11	
A	SHANMUGAM SURENDRAN ET AL: "GPS L5 Cross-correlation Detection in WAAS G-III Reference Receiver", GNSS 2012 - PROCEEDINGS OF THE 25TH INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING OF THE SATELLITE DIVISION OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION (ION GNSS 2012), THE INSTITUTE OF NAVIGATION, 8551 RIXLEW LANE SUITE 360 MANASSAS, VA 20109, USA, 21 septembre 2012 (2012-09-21), pages 1369-1378, XP056008450, * le document en entier * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S
A,D	FR 3 043 790 A1 (THALES SA [FR]) 19 mai 2017 (2017-05-19) * le document en entier * -----	1-11	
A	FR 2 974 914 A1 (THALES SA [FR]) 9 novembre 2012 (2012-11-09) * le document en entier * -----	1-11	
-/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 avril 2020		Galmiche, Aurélien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 873718
FR 1909209

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	BOUVET DENIS ET AL: "Proposal of Acceptable Means of BOC(1,1) False Locks Mitigation for DFMC SBAS Equipment", GNSS 2018 - PROCEEDINGS OF THE 31ST INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING OF THE SATELLITE DIVISION OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION (ION GNSS+ 2018), THE INSTITUTE OF NAVIGATION, 8551 RIXLEW LANE SUITE 360 MANASSAS, VA 20109, USA, 28 septembre 2018 (2018-09-28), pages 1661-1674, XP056014988, * le document en entier * -----	1,2,7-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 avril 2020		Galmiche, Aurélien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1909209 FA 873718**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **08-04-2020**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 3047567	A1	11-08-2017	CA	2957634 A1	09-08-2017
			FR	3047567 A1	11-08-2017
			US	2017227652 A1	10-08-2017

US 2011103432	A1	05-05-2011	US	2011103432 A1	05-05-2011
			US	2015195003 A1	09-07-2015
			US	2016306049 A1	20-10-2016

FR 3043790	A1	19-05-2017	EP	3168648 A1	17-05-2017
			FR	3043790 A1	19-05-2017
			US	2017139051 A1	18-05-2017

FR 2974914	A1	09-11-2012	CA	2776084 A1	05-11-2012
			EP	2520949 A1	07-11-2012
			FR	2974914 A1	09-11-2012
			US	2012281735 A1	08-11-2012
