(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 551 201**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 13101**

(51) Int Cl⁴ : G 01 C 21/00; B 64 G 1/36; G 01 S 5/16.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 22 août 1984.

(30) **Priorité :** DE, 26 août 1983, n° P 33 30 861.6.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 9 du 1er mars 1985.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : MESSERSCHMITT-BOLKOW-BLOHM GMBH.* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** Bernd Kundel et Winfried Birner.

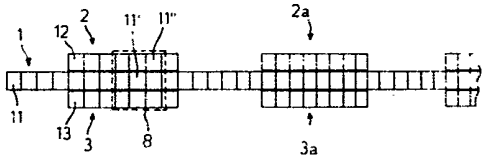
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Bureau D. A. Casalonga, Office Josse et Petit.

(54) Dispositif pour déterminer les variations d'orientation d'un engin spatial.

(57) Dispositif pour déterminer les variations d'orientation d'un engin spatial par rapport à un objet cosmique servant de référence.

Le dispositif comporte au moins trois lignes de détecteurs 1, 2 3 parallèles ainsi que des moyens pour reproduire la surface de l'objet cosmique dans le plan des lignes de détecteurs qui sont constituées par des éléments détecteurs 11, 12, 13 disposés linéairement et mesurant l'intensité du rayonnement électromagnétique, et un dispositif d'interprétation qui, par comparaison des valeurs mesurées à l'intérieur d'un bloc 8 d'éléments détecteurs voisins, détermine le déplacement de structures d'image significatives entre les éléments détecteurs 11, 12 13.



FR 2 551 201 - A1

Dispositif pour déterminer les variations d'orientation d'un engin spatial

L'invention se rapporte à un dispositif pour déterminer les variations d'orientation d'un engin spatial stabilisé en position par rapport à un objet cosmique éloigné servant de référence.

Les engins spatiaux, en particulier les satellites, sont utilisés actuellement pour des missions les plus diverses. Ils servent par exemple de satellites de télécommunication et/ou à l'obtention par photos d'informations sur la surface de certains objets cosmiques, par exemple dans le cas de satellites géostationnaires de la terre. Dans ce dernier cas, il faut que les satellites avec leurs dispositifs de prise de vues soient très exactement orientés par rapport à la terre. L'objet cosmique, la terre, sert donc de référence par rapport à laquelle le satellite doit être stabilisé en position. Pour, lors des prises de vues, obtenir une qualité d'image aussi bonne que possible, on doit empêcher que le satellite soit soumis à des oscillations lorsqu'il se trouve en position. Il faut que son axe optique soit si possible constamment dirigé sur le même point de la surface de la terre. Les variations d'orientation qui s'amorcent et qui se produisent fréquemment par suite des inévitables influences extérieures doivent être immédiatement enregistrées et compensées par le système de régulation d'orientation. Il est tout d'abord nécessaire à cet effet que toute amorce de variation d'orientation soit immédiatement détectée, et ce, avec une grande résolution dans le temps.

L'objet de l'invention est par conséquent de mettre au point un dispositif du type précité qui permette de déterminer avec une grande sensibilité et un délai aussi court que possible les variations d'orientation de l'engin spatial, et en particulier aussi les petites variations d'orientation se produisant en un temps très bref.

Ce résultat est atteint selon l'invention par le fait que le dispositif comporte les composants suivants : Au moins

trois lignes de détecteurs placées parallèlement les unes à côté des autres ainsi que des moyens pour reproduire la surface de l'objet cosmique dans le plan des lignes de détecteursqui sont respectivement constituées par des éléments détecteurs enregistreurs rangés linéairement les uns derrière les autres et mesurant l'intensité du rayonnement électromagnétique incident, et un dispositif d'interprétation qui, par comparaison répétée des valeurs mesurées à l'intérieur d'un bloc en forme de nappe d'éléments détecteurs voisins, détermine le déplacement de structures d'image significatives entre les éléments détecteurs.

On constate ainsi s'il se produit une variation d'orientation de l'engin spatial sous la forme d'un basculement de ses axes, en particulier de l'axe optique associé aux lignes de détecteur La précision avec laquelle un tel basculement peut être détecté dépend de l'étendue de la nappe des différents éléments détecteurs dans le plan de reproduction ainsi que de la façon dont les éléments détecteurs sont disposés serrés les uns à côté des autres. On suppose que la section d'image captée par les lignes de détecteurs comporte des structures d'image significatives. Cela signifie que l'on dispose par exemple d'éléments d'image présentant de fortes différences de luminosité qui peuvent être enregistrées et mesurées par les éléments détecteurs. Il est cependant possible d'utiliser aussi d'autres caractéristiques mesurables, par exemple différentes compositions spectrales du rayonnement émis par les différents éléments de surface de l'objet cosmique. Une variation d'orientation de l'engin spatial provoque un déplacement de l'image dans son plan, des structures significatives de l'image passant alors d'un détecteur à un détecteur voisin si l'étendue du déplacement est suffisamment grande. Pour pouvoir enregistrer un tel déplacement dans deux dimensions de surface, une disposition en nappe des éléments détecteurs est par conséquent nécessaire. Avec une disposition linéaire, correspondant à une seule ligne de détecteurs, seul un déplacement dans le sens de cette ligne pourrait être enregistré. Grâce à la disposition d'au moins

trois lignes de détecteurs placées parallèlement les unes à côté des autres et étroitement voisines, on arrive à ce que le déplacement d'une structure d'image significative, par exemple située sur un élément détecteur de la ligne médiane, puisse être détecté dans n'importe quelle direction. Il est bien entendu possible de juxtaposer parallèlement plus de trois lignes de détecteur par exemple cinq ou sept. Cela est d'autant plus recommandé que l'image est moins structurée en ce qui concerne la caractéristique à mesurer.

Comme éléments détecteurs, on utilise de préférence des capteurs à semiconducteurs à transfert de charge (CCD), par exemple ceux qui sont sensibles dans la zone spectrale infrarouge.

La disposition des lignes de détecteurs peut être prévue de façon que le dispositif comporte une ligne de détecteurs centrale ainsi que plusieurs lignes de détecteurs partielles disposées des deux côtés de celle-ci à distance et en regard les unes des autres et ne comprenant respectivement qu'une fraction des éléments détecteurs de la ligne de détecteurs centrale. Cette disposition tient compte du fait que les lignes de détecteurs CCD ne sont actuellement disponibles que dans une longueur limitée, c'est-à-dire avec un nombre limité d'éléments détecteurs placés en ligne les uns à côté des autres. La ligne de détecteurs centrale peut alors être constituée par un certain nombre de lignes partielles disposées les unes derrière les autres. Des deux côtés on peut, ensuite, prévoir des lignes de détecteurs partielles plus courtes qui, s'étendant à distance les unes des autres et parallèlement à la ligne de détecteurs centrale, sont respectivement réalisées en une seule partie. Ces lignes de détecteurs partielles doivent être respectivement situées en regard les unes des autres de façon qu'en liaison avec la ligne de détecteurs centrale intermédiaire, elles forment respectivement des sections constituées de trois lignes parallèles. Ici également, ces sections peuvent être constituées par plus de trois lignes parallèles.

L'interprétation peut être effectuée en utilisant

pour la comparaison des valeurs mesurées des blocs disposés en forme de nappes et comprenant respectivement trois éléments détecteurs de la ligne de détecteur centrale ainsi que des lignes de détecteurs partielles respectivement voisines.

Dans un mode de réalisation avantageux selon l'invention, le dispositif d'interprétation comprend un convertisseur analogique-numérique par ligne de détecteurs, une électronique de lecture assurant l'introduction successive des valeurs mesurées des différents éléments détecteurs dans les convertisseurs analogiques-numériques y associés et un calculateur comparant entre elles les valeurs mesurées numérisées des mesures successives.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, une mémoire intermédiaire peut être montée en aval des convertisseurs analogiques-numériques.

L'invention s'applique de préférence aux satellites stabilisés sur trois axes. En cas d'emploi d'éléments détecteurs CCD, leur rapidité de lecture et leur grand pouvoir de résolution dans le temps qui y est lié permettent de l'utiliser également pour des satellites défilant.

Les petites et brèves variations d'orientation, par exemple lesdits mouvements d'instabilité horizontale, sont particulièrement critiques. Ici aussi, la possibilité d'utilisation d'éléments détecteurs CCD s'avère particulièrement avantageuse. Un autre avantage de ces éléments réside dans le fait que même des mouvements relativement rapides sur la surface de l'objet cosmique observé, par exemple de nuages par rapport à la surface de la terre, n'ont aucun effet perturbateur. Ainsi par exemple, avec un satellite géostationnaire ayant une résolution de 2 km par élément détecteur, une vitesse relative du déplacement des nuages de 100 km/h ainsi qu'une durée de lecture de 10 ms, il en résulte que les nuages pendant ce laps de temps ne se déplacent que de 2,7 m, ce qui est extrêmement faible en comparaison de la résolution.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description d'un mode de réalisation pris comme exemple,

mais non limitatif, et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

la figure 1 représente une ligne de détecteurs centrale avec lignes de détecteurs partielles voisines ;

la figure 2 représente trois lignes de détecteurs parallèles avec un dispositif d'interprétation.

La figure 1 représente schématiquement une ligne de détecteurs centrale 1 constituée de différents éléments détecteurs 11 placés en rangée les uns derrière les autres. En ce qui concerne ces derniers, il s'agit de dispositifs à transfert de charge infrarouges (CCD), par exemple des dispositifs hybrides HgCdTe, qui sont sensibles dans la zone spectrale d'environ 10-12 µm. La ligne de détecteurs centrale 1 peut contenir environ 5000 éléments détecteurs individuels ou plus, cette longueur totale étant formée par la juxtaposition de lignes actuellement disponibles sur le marché et respectivement constituées de 256 ou 512 éléments détecteurs individuels. Des deux côtés de la ligne de détecteurs centrale 1 sont disposées des lignes de détecteurs partielles 2, 3, 2a, 3a etc. placées à distance et parallèlement les unes aux autres. Celles-ci peuvent respectivement présenter également une longueur de par exemple 256 éléments détecteurs individuels 12, 13 (représentés raccourcis sur le dessin). Sur cet agencement de lignes de détecteurs parallèles, une optique appropriée non représentée, notamment un télescope, qui est montée à bord du satellite et dirigée par exemple sur la surface de la terre, projette une section d'image de cette surface. Par comparaison des signaux fournis par des éléments détecteurs voisins, un dispositif d'interprétation, qui sera décrit ultérieurement, détermine sur quel élément détecteur est reproduite une structure d'image significative. En pareil cas il peut s'agir par exemple de nuages ou d'autres structures qui se détachent de l'environnement, par exemple en raison de leur luminosité. Dès qu'une telle structure d'image significative est détectée, par exemple sur un élément détecteur 11', le bloc 8 entourant cet élément détecteur et constitué au total de 8 ou 9 éléments détecteurs agencés en forme de carré

continue à être constamment observé par le dispositif d'interprétation, et ce, de façon que les valeurs mesurées apparaissant sur les éléments détecteurs puissent être comparées de façon répétée à celles de la mesure précédente. Comme déjà mentionné, ces comparaisons peuvent être effectuées en un temps ne dépassant pas 10 ms. Une variation d'orientation du satellite dans le sens d'un basculement a pour effet que la structure d'image significative s'écarte de l'élément détecteur 11', par exemple en direction de l'élément détecteur 11" diagonalement voisin. La direction dans laquelle la structure d'image significative s'écarte dépend naturellement à l'origine de la direction de la variation d'orientation. A partir de là on peut donc émettre immédiatement de façon précise des impulsions de correction qui compensent la variation d'orientation dès qu'elle se dessine.

La figure 2 représente schématiquement un dispositif d'interprétation 7, qui reçoit les informations émanant de trois lignes de détecteurs parallèles.

En aval des lignes de détecteurs sont respectivement montés des filtres 31, 32, 33, qui servent à l'élimination des bruits parasites. Leurs signaux de sortie filtrés sont respectivement appliqués aux convertisseurs analogiques-numériques 21, 22, 23, qui présentent par exemple une résolution de 6-8 bits. A leur suite est installée une mémoire intermédiaire 14 dans laquelle des informations sont par exemple alternativement inscrites pendant une microseconde et lues dans la microseconde suivante. A la mémoire intermédiaire 14 succède un correcteur de valeur de luminosité-obscurité 15 qui garantit une caractéristique de reproduction uniforme en ce qui concerne tous les éléments détecteurs. Pour finir, les signaux d'image corrigés parviennent à un calculateur 10. Celui-ci évalue les signaux des différents éléments détecteurs et détermine au début sur quels éléments détecteurs sont reproduites des structures d'image significatives. En comparant de façon répétée le contenu des blocs d'éléments détecteurs associés aux différentes structures significatives aux valeurs

respectivement préalablement mémorisées, par exemple à un rythme d'une microseconde, on détermine s'il s'est produit des déplacements des structures significatives. Si aucun déplacement n'est mesurable, pour lequel on peut prévoir par exemple des paliers de 0,5 % à 2 %, c'est que la position relative du satellite ne s'est pas modifiée de façon mesurable pendant ce court intervalle de temps. Des déplacements critiques sont par exemple les déplacements d'instabilité horizontale du satellite dont la détection était jusqu'ici un problème et qui se produisent à une fréquence d'environ 100 Hz. Si des variations repérables par le calculateur sont constatées, la direction et la valeur de la variation d'orientation sont déterminées et transmises au système de régulation d'orientation du satellite en vue de l'émission d'impulsions de correction.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour déterminer les variations d'orientation d'un engin spatial stabilisé en position par rapport à un objet cosmique éloigné servant de référence, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins trois lignes de détecteurs (1, 2, 3) placées parallèlement les unes à côté des autres ainsi que des moyens pour reproduire la surface de l'objet cosmique dans le plan des lignes de détecteurs qui sont respectivement constituées par des éléments détecteurs enregistreurs (11, 12, 13) rangés linéairement les uns derrière les autres et mesurant l'intensité du rayonnement électromagnétique incident, et un dispositif d'interprétation (7) qui, par comparaison répétée des valeurs mesurées à l'intérieur d'un bloc (8) en forme de nappe d'éléments détecteurs voisins, détermine le déplacement de structures d'image significatives entre les éléments détecteurs (11, 12, 13).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte une ligne de détecteurs centrale (1) ainsi que plusieurs lignes de détecteurs partielles (2, 3) disposées des deux côtés de celle-ci à distance et en regard les unes des autres et ne comprenant respectivement qu'une fraction des éléments détecteurs (11, 12, 13) de la ligne de détecteurs centrale (1).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les blocs (8) disposés en nappes utilisés pour l'interprétation comprennent respectivement trois éléments détecteurs de la ligne de détecteurs centrale (1) ainsi que des lignes de détecteurs partielles voisines (2,3) agencées en forme de carrés.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que comme éléments détecteurs (11, 12, 13) on utilise des capteurs à semiconducteurs à transfert de charge (CCD).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que l'on utilise des capteurs sensibles dans la zone spectrale infrarouge.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le dispositif d'interprétation (7) comprend un convertisseur analogique-numérique (21, 22, 23) par ligne de détecteurs (1, 2, 3), une électronique de lecture (9) assurant l'introduction successive des valeurs mesurées des différents éléments détecteurs (11, 12, 13) dans les convertisseurs analogiques-numériques y associés, et un calculateur (10) comparant entre elles les valeurs mesurées numérisées des mesures successives.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait qu'une mémoire intermédiaire (14) est montée en aval des convertisseurs analogiques-numériques (21, 22, 23).

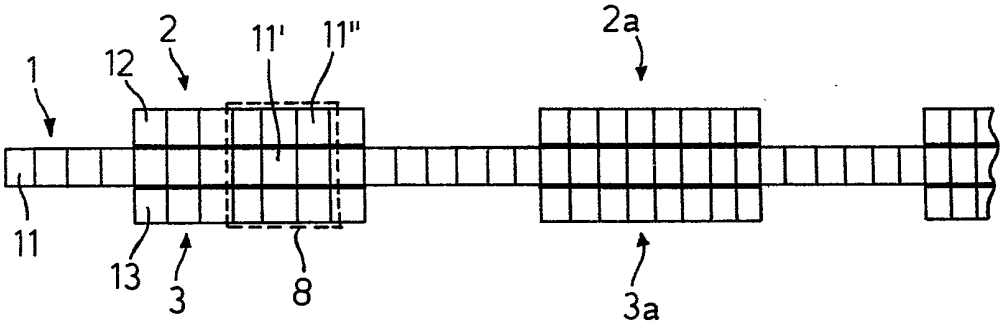

1
2
12
11'
11"
2a
11
13
3
8
3a

FIG. 1

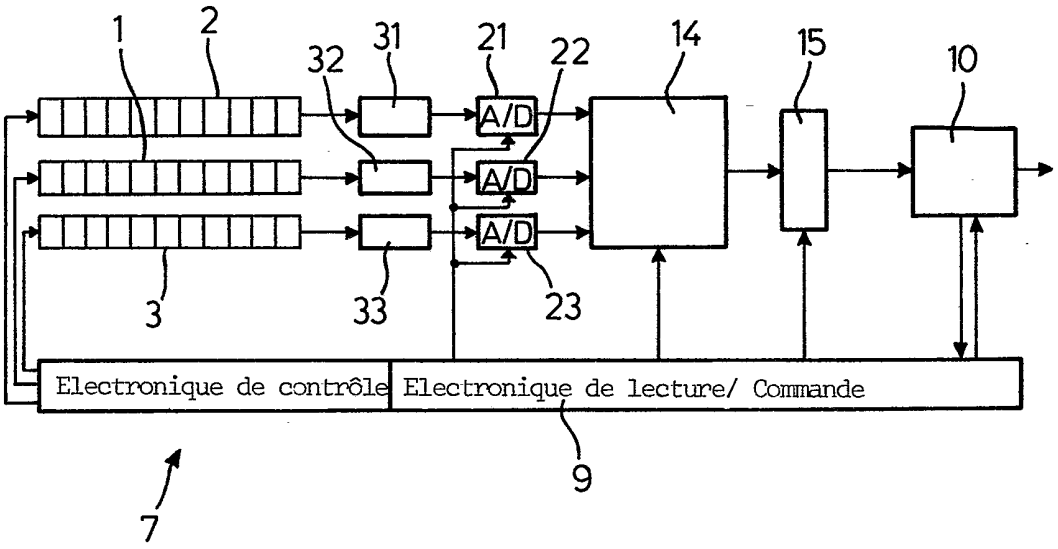

1
2
32
31
21
22
14
15
10
A/D
A/D
A/D
3
33
23
Electronique de contrôle
Electronique de lecture/ Commande
9
7

FIG. 2