(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 611 053**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **88 01711**

(51) Int Cl⁴ : G 01 S 11/00; G 06 F 15/62.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 12 février 1988.

(30) **Priorité :** IT, 13 février 1987, n° 19 364 A/87.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 33 du 19 août 1988.

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

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : TECNOMARE S.P.A.* — IT.

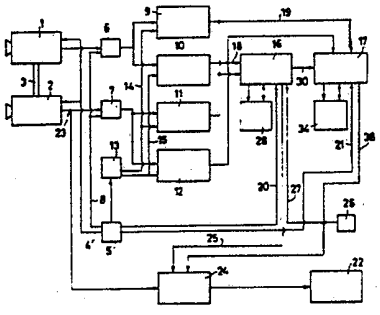
(72) **Inventeur(s) :** Walter Prendin ; Fabio Rocca ; Danilo Maddalena ; Ciro Cafforio.

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

(74) **Mandataire(s) :** Bureau D.A. Casalonga-Josse.

(54) Dispositif pour détecter de façon continue la distance entre ce dispositif et un point prédéterminé.

(57) Ce dispositif de détection comprend quatre mémoires 9, 10, 11, 12 dans lesquelles deux images vidéo successives prises par deux caméras 1, 2 de télévision, synchronisées l'une avec l'autre, sont stockées. Dans une de ces caméras, un point prédéterminé est visualisé à l'aide d'un curseur. Un ordinateur 16 de poursuite recherche la nouvelle position atteinte par ledit point dans l'image suivante de la même caméra en comparant une zone ou fenêtre 29 située au voisinage du curseur avec des fenêtres analogues 31, 32, 33,... affichées dans l'image suivante et un ordinateur 17 de mesure de distance détecte en permanence, au moyen de comparaisons de fenêtres, le point correspondant de ladite nouvelle position du point dans l'image correspondante de l'autre caméra de télévision et détermine la mesure, entre ces points, de la différence de position à partir de laquelle la valeur voulue de la distance est obtenue.



FR 2 611 053 - A1

Dispositif pour détecter de façon continue la distance entre ce dispositif et un point prédéterminé.

La présente invention a pour objet un dispositif spécial qui, par analyse d'images du type images de télévision, permet de mesurer d'une façon continue la distance entre un point cadré et le système de prise de vues, également en présence d'un mouvement relatif entre le point cadré et le système de prise de vues.

La détection de cette distance est très importante, en particulier dans les applications suivantes :

- la manutention automatique d'objets dans le domaine de la robotique; dans ce cas, en fait, il est nécessaire de connaître la distance des objets devant être saisis afin qu'un système automatique, quel qu'il soit, puisse adresser correctement le bras mécanique;

- le positionnement automatique de véhicules sous-marins au voisinage de structures situées au large; dans ce cas, il est important de connaître les distances entre le véhicule et un point, quel qu'il soit, de la plateforme située au large, afin de pouvoir stabiliser la position du véhicule par rapport à la plateforme : une position stable de ces véhicules permet, à son tour, d'effectuer avec succès les opérations telles que des opérations de vérification et d'entretien;

- les remises en fonction d'installations sous-marines; pendant ces opérations, il est nécessaire d'insérer une canalisation montante (dans la pratique, un tube) suspendue à un navire, ou à un ponton, dans une structure se trouvant au niveau du fond de la mer (une tête de puits, ou un dispositif anti-explosion); la connaissance de la distance entre l'extrémité de la canalisation montante et la structure se trouvant au niveau du fond de la mer permet de faciliter cette opération et de réduire les temps et les coûts associés.

Les techniques actuellement disponibles pour mesurer les distances dans les domaines décrits ci-dessus sont essentiellement du type acoustique, mécanique ou optique.

On peut effectuer les mesures par voie acoustique en utilisant un matériel qui fonctionne de façon similaire à celle d'un sonar : le dispositif envoie une impulsion sonore d'une fréquence et d'une durée appropriées vers le point dont on doit mesurer la distance et ce matériel mesure l'écho renvoyé.

A partir du temps qui s'écoule entre l'émission de l'impulsion et la réception de l'écho, on peut mesurer la distance du point. On peut utiliser ce système de mesure à la fois dans un environnement aérien et dans un environnement sous-marin.

L'inconvénient principal que présente ce procédé apparaît dans le cas d'un mouvement relatif entre le système de mesure et le point à mesurer.

Dans ce cas, il est nécessaire de modifier continuellement, par une opération manuelle, la direction du faisceau sonore afin de le maintenir en permanence dirigé correctement vers le point concerné.

Une autre technique de mesure de distance que l'on utilise dans un environnement sous-marin fait usage d'un certain nombre de "transpondeurs", c'est-à-dire de dispositifs qui émettent une impulsion sonore en réponse à une impulsion reçue. Dans ce cas également, on utilise pour mesurer les distances le temps qui s'écoule entre les impulsions d'interrogation et les réponses des divers transpondeurs. Par exemple, dans le cas de remise en fonction d'installations sous-marines, on place les transpondeurs sur le fond de la mer, au voisinage de la structure concernée (c'est-à-dire une tête de puits) et/ou sur la structure même et on étalonne alors ces transpondeurs pour connaître la position mutuelle réelle. Le transducteur acoustique est disposé sur l'extrémité inférieure de la canalisation montante et est relié, au moyen d'un câble électrique, au matériel d'interrogation situé à la surface de la mer.

Les inconvénients principaux présentés par cette dernière technique concernent à la fois la nécessité de l'étalonnage entraînant une perte de temps importante et l'obligation d'utiliser au moins quatre transpondeurs exigeant un entretien (par exemple, le remplacement périodique des batteries et puis également leur utilisation). Pour effectuer l'entretien mentionné ci-dessus, il faut remonter les transpondeurs à la surface de la mer et, après l'entretien, les placer de nouveau sur le fond de la mer et les étalonner de nouveau.

Les procédés mécaniques font appel, pour mesurer la distance, à des moyens, tels que, par exemple, un câble étalonné placé entre le point à mesurer et le matériel de mesure : la longueur du câble déroulé donne directement la valeur recherchée de la distance même dans le cas où le point se déplace par rapport au dispositif de mesure.

Dans ce cas, on voit immédiatement les inconvénients pratiques qui sont dus à la nécessité d'assujettir le câble au point intéressé et par l'embarras que cause la présence de ce câble.

Enfin, les procédés optiques utilisent, de façon typique, deux objectifs mutuellement parallèles et un système de miroirs et/ou de prismes réglables pour superposer l'une à l'autre les deux images ainsi obtenues : en mesurant les angles des miroirs/prismes et la distance entre les objectifs, on peut calculer la distance du point recherché (télémètre).

D'autres procédés optiques utilisent, par contre, un faisceau laser modulé. Dans les deux cas, on doit faire face à un inconvénient important en ce sens que l'on doit avoir recours à des opérations manuelles pour maintenir le matériel de mesure pointé correctement sur le point choisi en cas d'un mouvement relatif.

Le but de la présente invention est de pallier les inconvénients mentionnés ci-dessus et de fournir, par conséquent, un dispositif qui donne, d'une façon continue, la mesure de la distance entre un point et ce dispositif de mesure sans nécessiter de systèmes auxiliaires (par exemple des transpondeurs ou des câbles étalonnés) et qui, en outre, permet la poursuite continue du point choisi de manière à fournir les valeurs correctes également dans le cas d'un mouvement relatif entre le point choisi et le matériel de mesure.

On atteint cet objectif au moyen de deux caméras de télévision qui ont des axes optiques mutuellement parallèles et qui sont synchronisées l'une avec l'autre, ces caméras explorent, par trames successives, la même scène photographiée, à l'intérieur de laquelle le point choisi, dont on doit mesurer en permanence la distance, peut se déplacer. Les signaux vidéo concernant les trames successives, photographiées par chacune des deux caméras de télévision, sont stockés successivement, après échantillonnage et conversion sous une forme numérique, dans l'une et l'autre de deux mémoires affectées à chaque caméra de télévision et à partir d'une desquelles un ordinateur de poursuite copie dans sa mémoire de travail une petite zone ou fenêtre de référence située au voisinage du point choisi, affiché alors au moyen d'un curseur positionné à l'aide d'un manche à balai, et compare cette zone ou fenêtre à des zones ou fenêtres comparatives analogues extraites de la trame ou image suivante contenue dans l'autre mémoire et choisie dans les limites du voisinage proche de la fenêtre de référence. Quand la fenêtre qui contient la nouvelle position du point choisi est trouvée, cette fenêtre est copiée dans la mémoire de travail d'un ordinateur de mesure de distance qui recherche, par une comparaison, la fenêtre la plus similaire qui est présente dans l'image correspondante stockée à l'intérieur d'une des deux mémoires affectées à l'autre caméra de télévision et détermine ensuite la différence qui existe entre les positions de ces deux dernières fenêtres et à partir de laquelle la valeur de la distance recherchée est alors calculée facilement.

On va maintenant décrire de façon plus détaillée la présente invention en se référant aux dessins annexés, qui représentent un mode de réalisation

préféré donné à titre purement illustratif et non limitatif, et sur lesquels :

la figure 1 représente, par un schéma synoptique, le dispositif utilisé pour détecter d'une façon continue la distance entre ce dispositif et un point préétabli, conformément à la présente invention;

la figure 2 montre la zone de référence, ou fenêtre de référence, d'une trame ou image d'une caméra de télévision utilisée par le dispositif de la figure 1;

la figure 3 montre les zones comparatives, ou fenêtres comparatives, proches de la fenêtre de référence et analysées sur la trame ou image suivante donnée par la même caméra de télévision utilisée par le dispositif de la figure 1 pour déterminer la nouvelle position du point;

les figures 4 et 5 montrent respectivement la zone ou fenêtre de référence de la nouvelle position trouvée du point ainsi que les zones ou fenêtres comparatives analysées sur l'image correspondante donnée par une seconde caméra de télévision utilisée par le dispositif de la figure 1 pour déterminer la distance recherchée.

En se référant aux figures, on voit que deux caméras similaires 1 et 2 de télévision sont montées, au moyen d'un support 3, de façon telle que leurs axes optiques soient parallèles mutuellement et que leur balayages de lignes et leurs balayages de trames soient maintenus synchronisés, par l'intermédiaire de la connexion 4, à l'aide d'un générateur 5 de signaux de synchronisation qui fournit également les signaux d'horloge au restant du dispositif, comme on va le décrire ci-après.

Les signaux vidéo électriques arrivant des deux caméras de télévision (la caméra 1 de droite et la

caméra 2 de gauche) sont simultanément échantillonnés et transformés sous une forme numérique par deux convertisseurs analogiques-numériques indiqués respectivement par les chiffres de référence 6 et 7 et commandés par le générateur de synchronisation au moyen de la connexion 8.

Les deux signaux vidéo échantillonnés et transformés sous une forme numérique par les convertisseurs analogiques-numériques 6 et 7 sont ensuite stockés dans quatre mémoires du type RAM (mémoire à accès aléatoire) dont les mémoires 9 et 10 sont destinées à stocker les images provenant de la caméra droite 1 de télévision et les mémoires 11 et 12 sont destinées à stocker les images provenant de la caméra gauche 2 de télévision.

L'utilisation d'une double mémoire pour chaque image permet, comme cela apparaîtra plus clairement par la suite, de traiter l'image stockée dans une mémoire simultanément avec le stockage de l'image suivante dans l'autre mémoire.

Les séquences de stockage des images successives dans les quatre mémoires 9,10,11,12, sont fournies par un générateur 13 d'adresse sur la base des signaux d'horloge arrivant du générateur 5 de synchronisation.

Plus spécifiquement, le générateur 13 d'adresse permet l'inscription dans les mémoires 9 et 11 au moyen d'impulsions de commande transmises par l'intermédiaire de la connexion 14 et dans les mémoires 10 et 12 au moyen des impulsions de commande transmises par l'intermédiaire de la connexion 15. Quand les deux mémoires 9,11 ou 10,12 sont chargées complètement avec les signaux vidéo concernés, elles se libèrent en vue d'une lecture par l'ordinateur 16 de poursuite et par

l'ordinateur 17 de calcul de distance qui sont reliés respectivement à ces mémoires au moyen des connexions 19 et 18 et qui sont rendus aptes à accéder successivement auxdites mémoires par le générateur 5 de signaux de synchronisation par l'intermédiaire des connexions 20 et 21.

Le but de l'ordinateur 16 de poursuite est de fournir, pour chaque image vidéo, la position (en terme de coordonnées à l'intérieur de la trame) du point qui est choisi comme point de référence par l'opérateur et dont la distance doit être mesurée, ainsi que de poursuivre ce point, s'il s'agit d'un point mobile tant qu'il reste à l'intérieur de la trame ou image photographiée par les caméras de télévision.

On effectue le choix du point de référence au moyen d'un moniteur vidéo 22 branché en dérivation sur une des deux sorties des caméras 1 et 2 de télévision, par exemple sur la sortie 23 de la caméra 2 de gauche (voir figure 1), ce moniteur affichant le signal de sortie provenant de cette caméra 2 sur laquelle est superposé un curseur (par exemple une petite croix) qui doit être positionné sur le point préétabli de l'image obtenue. On effectue cette superposition à l'aide d'un moyen 24 d'introduction de caractères électroniques interposé dans le trajet du signal TV, entre la caméra 2 de télévision et le moniteur vidéo 22, et relié à l'ordinateur 16 de poursuite à l'aide de la connexion 25. Par contre, on effectue le positionnement mentionné ci-dessus du curseur à l'aide l'un manche à balai 26 par l'intermédiaire de l'ordinateur 16 de poursuite avec lequel il est relié à l'aide de la connexion 27.

Quand l'opération de sélection du point de référence est terminée, l'ordinateur 16 de poursuite copie dans sa propre mémoire 28 de travail une petite

zone ou fenêtre 29 (un carré) autour du point choisi par l'opérateur et représenté par une petite croix (voir figure 2) sur l'image vidéo fournie par la caméra gauche 2 de télévision et stockée dans la mémoire 11 et effectue ensuite l'opération de poursuite du point durant laquelle est fournie la nouvelle position du point de référence à la fois à l'ordinateur 17 de mesure de distance, par l'intermédiaire de la connexion 30, et au moyen 24 d'introduction de caractères, par l'intermédiaire de la connexion 25, pour maintenir le curseur superposé au point de référence.

En fait, le point de référence pourrait se déplacer soit par suite de son propre mouvement, soit par suite d'un mouvement apparent dû aux mouvements relatifs du système de prise de vues (caméras de télévision) par rapport à ce point.

La poursuite du point de référence est effectuée par l'ordinateur qui compare la fenêtre de référence précitée 29 stockée dans la mémoire 28 de travail avec les zones ou fenêtres comparatives 31,32,33, ... , ayant les mêmes dimensions que la fenêtre 29 de référence contenue dans la mémoire gauche correspondante 12 et concernant une image ou trame suivante (voir figure 3).

Cette comparaison est effectuée au moyen d'une fonction de vraisemblance exacte, par exemple la corrélation mutuelle, dont la valeur est calculée par l'ordinateur en correspondance avec les fenêtres comparatives précitées 31,32,33, ...

L'ordinateur choisit ces fenêtres dans le voisinage immédiat de la fenêtre 29 de référence et cela de façon suffisamment large pour qu'elles comprennent toutes les positions possibles résultant du déplacement (soit vrai, soit apparent) du point de référence pendant

la période de deux trames ou images successives.

Afin que cette opération de recherche soit aussi brève que possible, l'ordinateur de poursuite l'effectue, selon la présente invention, par approximations successives. En d'autres termes, pendant une première passe, l'ordinateur 16 n'effectue pas la recherche sur toutes les nouvelles fenêtres possibles 31,32,33, ... existant dans le voisinage de la fenêtre 29 de référence, mais ne tient compte uniquement que d'une partie de celles-ci, en excluant alternativement certaines d'entre-elles (par exemple toutes les quatrièmes nouvelles fenêtres). Ensuite, la précision est augmentée par l'utilisation d'un nombre de plus en plus grand de fenêtres dans le voisinage du nouveau point déterminé par le traitement précédent.

Ce procédé permet de trouver très rapidement la nouvelle position vraie atteinte par le point de référence mobile pendant la période couvrant deux trames ou images successives.

A la fin de l'opération mentionnée ci-dessus, la formation concernant la nouvelle position du point de référence est transmise à l'ordinateur 17 de mesure de distance au moyen de la connexion 30 et, en outre, l'ordinateur 16 de poursuite envoie, par l'intermédiaire de la connexion 25, une instruction au moyen 24 d'introduction de caractères pour que ce dernier efface le curseur de la position ancienne du point et le visualise de nouveau dans la nouvelle position, après quoi le cycle décrit ci-dessus se répète en étant appliqué aux images ou trames successives prises par les caméras de télévision et stockées alternativement dans lesdites mémoires.

Une fois que l'ordinateur 16 de poursuite a terminé la recherche de la nouvelle position du point de

référence concernant l'image stockée dans la mémoire gauche 12, l'ordinateur 17 de mesure de distance commence à calculer la distance séparant les caméras 1 et 2 de télévision dudit point de référence, en utilisant la technique stéréoscopique qui permet d'obtenir automatiquement (c'est-à-dire sans intervention de l'opérateur) la mesure de cette distance avec une précision considérable.

Les techniciens en la matière savent que, dans la technique stéréoscopique mentionnée ci-dessus, la distance recherchée est définie par les valeurs de la différence de position du point de référence sur les images ou trames prises simultanément par la caméra droite 1 de télévision et la caméra gauche 2 de télévision.

Pour obtenir le résultat final mentionné ci-dessus en un temps de calcul minimal, cela conformément à une caractéristique de la présente invention, l'ordinateur 17 de mesure de distance mesure cette différence en procédant par deux étapes distinctes successives.

Au cours de la première étape, il fournit une information grossière de la distance précitée en copiant à partir de la mémoire gauche 12, dans sa propre mémoire 34 de travail, une petite zone ou fenêtre de référence 35 (voir figure 4) se trouvant autour du nouveau point de référence trouvé (toujours représenté par le curseur en forme de croix), en recherchant, par comparaisons, la fenêtre la plus similaire 36,37,... (voir figure 5), de même dimension que celle de la fenêtre de référence 35 contenue dans la mémoire droite correspondante 10 et en calculant la différence de position entre ces deux fenêtres 35 et (36 ou 37, ou ...).

Dans le cas où les caméras 1 et 2 de télévision sont disposées au même niveau, l'ordinateur 17 réduit la zone de cette recherche, à l'intérieur de la mémoire droite 10, aux seules fenêtres possibles, c'est-à-dire aux fenêtres qui se trouvent sur la gauche par rapport à la fenêtre 35 de référence et qui sont alignées les unes avec les autres le long d'une ligne horizontale (voir figure 5) et effectue la comparaison à l'aide de la même technique que celle utilisée par l'ordinateur 16 de poursuite, en cherchant le maximum de la fonction de vraisemblance.

Toutefois, il est clair qu'au lieu d'un positionnement des caméras 1 et 2 de télévision côte à côte le long d'une ligne horizontale, tout autre agencement est possible, par exemple, les caméras de télévision peuvent être disposées côte à côte le long d'une ligne verticale et, dans ce cas, la recherche de la différence de position par l'ordinateur 17 de mesure de distance est effectuée le long d'une ligne verticale uniquement.

Toutefois, la différence de position ainsi obtenue présente une précision de mesure qui, évidemment, dépend de la résolution de l'échantillonnage des signaux, exécuté par les éléments 6 et 7, et qui se trouve, par conséquent, limitée. Pour augmenter considérablement cette précision, l'ordinateur 17 de mesure de distance continue de fonctionner en exécutant la seconde étape qui consiste à déterminer, pour chaque point situé à l'intérieur de la fenêtre concernée (35), un affinement de la valeur de différence de position ainsi calculée afin d'obtenir une valeur plus précise de la distance recherchée.

Cet affinement est effectué par l'ordinateur 17 de mesure de distance pour chaque point individuel

x_i de la fenêtre précitée à l'aide du calcul itératif suivant dérivé du développement en série de Taylor limité aux termes linéaires :

$$a_i = a_{i-1} + \frac{f_2(x_1) - f_1(x_i + a_{i-1})}{f'_1(x_i + a_{i-1})}$$

où :

i est un indice allant de 1 jusqu'au nombre total de points contenus dans la fenêtre mentionnée ci-dessus;

a_i est la valeur approchée déjà déterminée de la différence de position;

$f_2(x_i)$ et $f_1(x_i + a_{i-1})$ sont les valeurs respectives de la luminance au point x_i de la fenêtre gauche 35 et du point $(x_i + a_{i-1})$ de la fenêtre droite 36 ou 37 ou ... (voir figure 5); et

la dérivée $f'_1(x_i + a_{i-1})$ est calculée au moyen de l'approximation des différences finies.

Une fois que les valeurs des différences précitées de position ont été calculées, le même ordinateur 17 de mesure de distance les convertit en valeurs de distance dont la moyenne arithmétique est alors envoyée, au moyen de la connexion 38, au dispositif 24 d'introduction de caractères pour qu'il soit affiché à l'aide du moniteur 22.

Il va de soi que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit; ainsi, au lieu de deux ordinateurs utilisés dans le schéma synoptique représenté sur la figure 1, il est possible de n'utiliser qu'un seul ordinateur qui effectue séquentiellement les tâches que remplissent les deux ordinateurs. De même qu'en utilisant un système approprié de miroirs et/ou de prismes, on peut n'utiliser qu'une seule caméra de télévision à laquelle parviennent les deux images dont chacune occupe la

moitié de l'écran. En outre, à la place d'une corrélation mutuelle comparable à l'opération de comparaison afin de déterminer les fenêtres correspondantes, on peut avoir recours à d'autres fonctions de vraisemblance, telles que, par exemple, la somme des valeurs absolues des écarts entre les valeurs correspondantes des deux fenêtres comparées.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour détecter de façon continue la distance entre ce dispositif et un point prédéterminé, cela également en présence d'un mouvement relatif entre ledit point et ce dispositif, caractérisé en ce qu'il est constitué de deux caméras (1,2) de télévision dont les axes optiques sont parallèles l'un à l'autre et qui sont synchronisées l'une avec l'autre par un générateur (5) de signaux de synchronisation, la sortie de chacune des caméras de télévision étant reliée, respectivement, par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique-numérique (6,7), à deux mémoires (9,10;11,12) dans lesquelles, sur instruction d'un générateur (13) d'adresse commandé par le générateur (5) de signaux de synchronisation, deux images ou trames vidéo successives prises par les caméras de télévision sont stockées alternativement, les sorties de ces mémoires étant reliées respectivement (a) à un ordinateur (16) de poursuite capable de comparer une petite zone ou fenêtre (29) de référence, disposée autour du point prédéterminé qui a été affiché sur une des deux caméras de télévision au moyen d'un curseur introduit par ce même ordinateur à l'aide d'un dispositif (24) d'introduction de caractères et positionné à l'aide d'un manche à balai puis stocké dans une des deux mémoires ci-dessus, avec des fenêtres analogues comparatives (31,32,33 ...) détectées dans l'image ou trame suivante contenue dans l'autre des deux mémoires précitées afin de trouver la nouvelle position du point dans cette dernière image suivante et (b) à un un ordinateur (17) de mesure de distance auquel la sortie de l'ordinateur de poursuite est envoyée également, ledit ordinateur de mesure de distance étant capable de comparer une nouvelle petite zone ou fenêtre

de référence positionnée autour de ladite nouvelle position trouvée du point avec des fenêtres analogues comparatives détectées dans l'image ou trame stockée dans la mémoire correspondante de l'autre des deux mémoires associées à l'autre caméra de télévision afin de trouver la position correspondante dudit point dans cette dernière image, ainsi que de mesurer la différence de position qui existe entre ces deux points et à partir de laquelle la valeur cherchée de la distance est calculée, lesdits ordinateurs étant en outre synchronisés l'un avec l'autre à l'aide du générateur (5) de signaux de synchronisation, et l'ordinateur (17) de mesure de distance étant relié au dispositif (24) d'introduction de caractères pour déplacer ledit curseur jusqu'à la nouvelle position du point prédéterminé, et un moyen étant finalement prévu pour améliorer la précision de la mesure de la différence de position précitée.

2. Dispositif pour détecter de façon continue la distance entre ce dispositif et un point prédéterminé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen utilisé pour améliorer la précision de la mesure de la différence de position précitée du point concerné consiste à déterminer, au moyen de l'ordinateur (17) de mesure de distance, des valeurs plus précises de la différence de position pour les divers points x_i de la fenêtre concernée à l'aide de la formule :

$$a_i = a_{i-1} + \frac{f_2(x_i) - f_1(x_i + a_{i-1})}{f'_1(x_i + a_{i-1})}$$

où :

i est un indice allant de 1 jusqu'au nombre total de points contenus dans la fenêtre précitée;

a_i est la valeur approchée déjà déterminée de la différence de position;

$f_2(x_i)$ et $f_1(x_i + a_{i-1})$ sont les valeurs respectives de luminance du point x_i de la fenêtre de référence et du point $(x_i + a_{i-1})$ de la fenêtre comparative; et

la dérivée f'_1 est calculée à l'aide de l'approximation des différences finies, en transformant lesdites valeurs de différence de position en valeur de distance et en calculant la moyenne arithmétique de ces dernières valeurs.

3. Dispositif pour détecter de façon continue la distance entre ce dispositif et un point prédéterminé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les ordinateurs comparent la fenêtre de référence (35) avec les fenêtres analogues comparatives (36,37, ...) en excluant de façon alternée certaines d'elles.

4. Dispositif pour détecter de façon continue la distance entre ce dispositif et un point prédéterminé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux caméras de télévision (1,2), dont les axes optiques sont parallèles l'un à l'autre, sont montées côte à côte le long d'une ligne horizontale ou le long d'une ligne verticale.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications ci-dessus, caractérisé par le fait qu'il permet aussi de détecter la distance entre ce matériel et un point prédéterminé qui se déplace également.

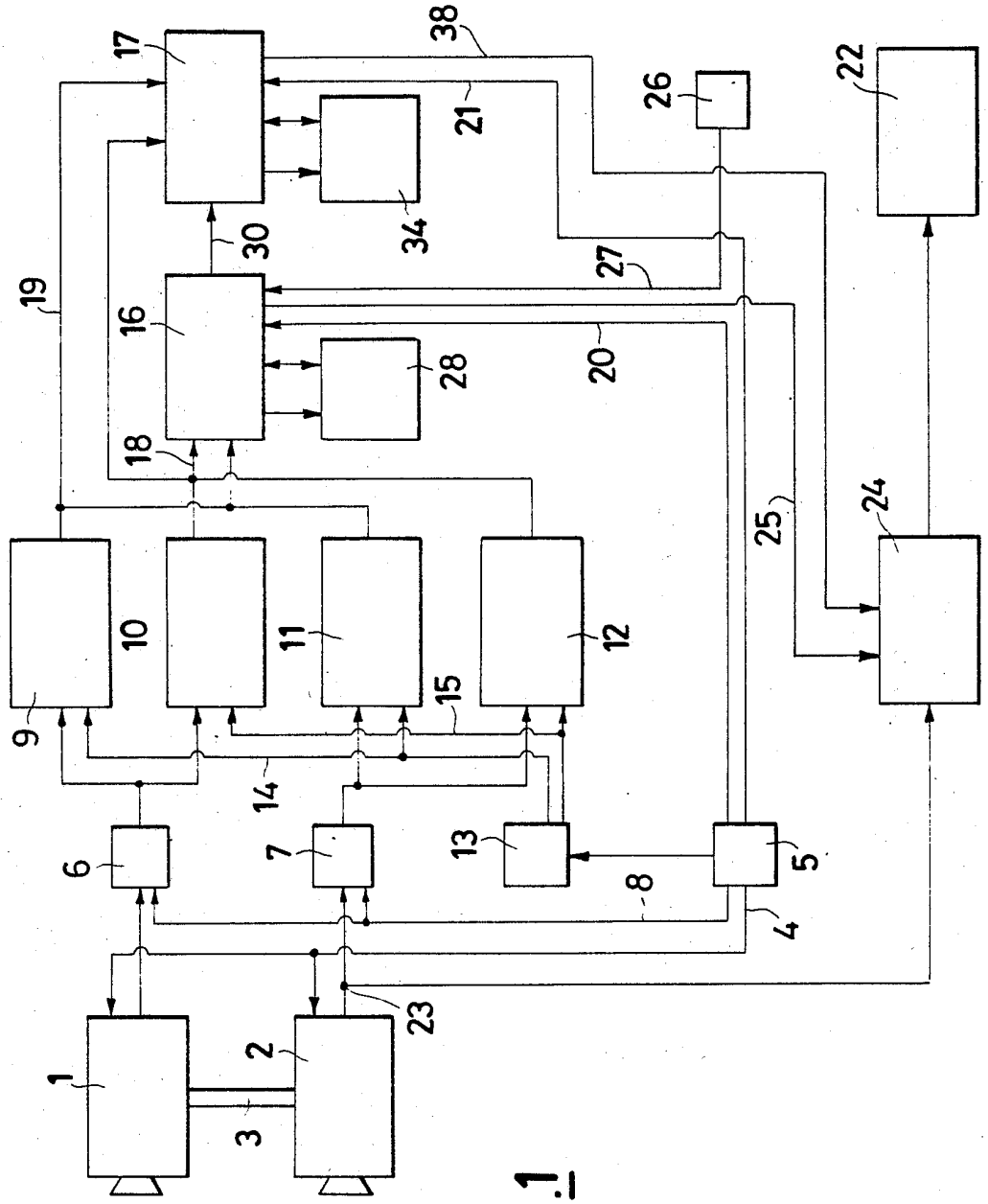

17
38
21
26
22
34
30
27
19
16
28
20
18
25
24
10
11
12
9
15
14
6
7
13
5
8
4
23
1
2
3

Fig.1

Fig.2

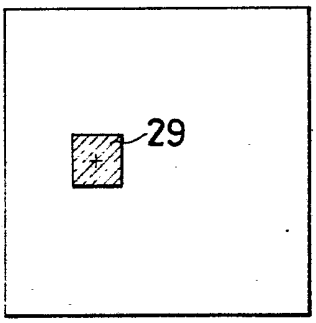


Fig.3

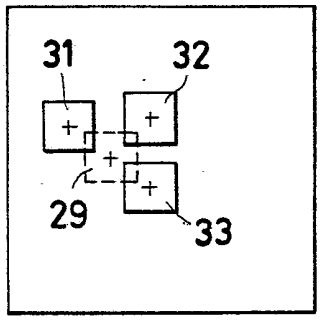


Fig.4

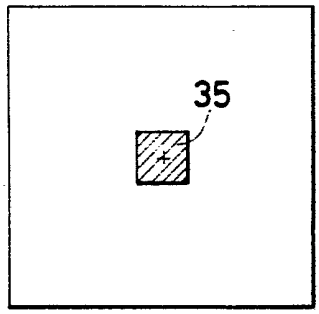


Fig.5

