

⑭

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 20.05.94.

⑯ Priorité :

⑰ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 24.11.95 Bulletin 95/47.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑳ Demandeur(s) : SOCIETE D'APPLICATIONS
GENERALES D'ELECTRICITE ET DE MECANIQUE
SAGEM — FR.

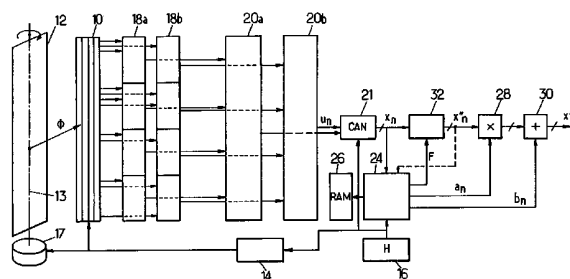
㉑ Inventeur(s) : Broekaert Michel.

㉒ Titulaire(s) :

㉓ Mandataire : Cabinet Plasseraud.

㉔ Dispositif d'imagerie à correction de signaux.

㉕ Le dispositif d'imagerie comprend un détecteur (10) constitué par une matrice de capteurs opto-électroniques, des moyens de multiplexage destinés à fournir des signaux de sortie représentant chacun la lumière reçue par un capteur respectif, et des moyens de correction des signaux de sortie destinés à compenser les écarts entre les caractéristiques de réponse des différents capteurs. Les moyens de correction sont prévus pour fournir, en réponse à un échantillon d'entrée de valeur X_n , un échantillon de sortie de valeur $X''_n = X_n - (x_{n-1} - x_n) \cdot F$, où x_{n-1} est l'échantillon précédent et F est une constante inférieure à l'unité, choisie en fonction de l'effet de trainage.



DISPOSITIF D'IMAGERIE A CORRECTION DE SIGNAUX

La présente invention a pour objet un dispositif
5 d'imagerie d'une scène comprenant un détecteur constitué par
une matrice de capteurs opto-électroniques, des moyens de
multiplexage destinés à fournir des signaux de sortie
représentant chacun la lumière reçue par un capteur respec-
tif, et des moyens de correction des signaux de sortie,
10 destinés à compenser les écarts entre les caractéristiques
de réponse des différents capteurs.

On connaît déjà des dispositifs d'imagerie du type ci-
dessus dont les moyens de correction sont prévus pour
fournir, à partir du signal x_n provenant d'un capteur d'ordre
15 n , un signal de sortie x'_n de la forme :

$$x'_n = a_n \cdot x_n + b_n \quad (1)$$

Les coefficients a_n et b_n sont déterminés, pour chaque
capteur, en déterminant la réponse du capteur à l'exposition
à une source de référence, à laquelle on donne successive-
20 ment deux intensités, situées dans la plage possible de
variation des intensités de lumière à détecter.

La correction ainsi effectuée ne prend pas en compte un
autre phénomène, qui se produit lorsque les signaux de
sortie des différents capteurs sont échantillonnés simulta-
25 nément et mis en série par des moyens de multiplexage : le
signal x_n à la sortie du multiplexeur, à un instant donné
correspondant à un échantillon provenant d'un capteur
d'ordre temporel n , comporte une contribution de l'échantil-
lon précédent, d'ordre $n-1$.

30 Ce phénomène est particulièrement gênant lorsque les
signaux x_n et x_{n-1} correspondent, du fait du multiplexage, à
des capteurs n et $n - 1$ qui ne sont pas directement adja-
cents du point de vue spatial.

Lorsque par exemple le signal x_{n-1} correspond à un point
35 très brillant de la scène observée, le signal x_n de sortie du
multiplexeur (et même quelquefois le signal x_{n+1}) aura un

niveau accru du fait d'un phénomène de trainage, et l'image fournie fera apparaître un point brillant supplémentaire, inexistant dans la scène.

5 L'invention vise, notamment, à réduire les perturbations ainsi provoquées par le multiplexage. Elle propose dans ce but un dispositif dont les moyens de correction sont prévus pour fournir, en réponse à un échantillon d'entrée de valeur x_n , un échantillon de sortie de valeur $x_n - (x_{n-1} - x_n) \cdot F$, où F est une constante inférieure à l'unité, choisie en
10 fonction de l'effet de trainage. Le coefficient F , toujours largement inférieur à l'unité, représentera généralement $\exp(-t/\tau)$, où τ est une constante de temps et t l'intervalle de temps entre deux échantillons successifs.

15 En adoptant la valeur x'_n ainsi modifiée au lieu de la valeur x_n de sortie des moyens de multiplexage, dans la formule (1) on atténue notablement l'erreur due à la trainée temporelle.

Ce perfectionnement est particulièrement important lorsque le mode de multiplexage fait que les points ayant
20 les valeurs x_{n-1} et x_n ne sont pas adjacents spatialement pour certaines valeurs de n dans l'image, et cela d'autant plus que les points sont spatialement distants, donc probablement plus contrastés.

25 Par ailleurs, la correction représentée par la formule (1) suppose que le facteur d'échelle, représenté par a_n , et le biais ou "offset" b_n d'un capteur sont les mêmes quelle que soit l'intensité de la lumière reçue par le capteur et donc quel que soit le signal de sortie x_n , pour un capteur donné. Or cette condition n'est pas remplie dans la plupart
30 des cas, du moins lorsque la dynamique de fonctionnement est importante.

L'invention propose en conséquence un dispositif dans lequel les variations du facteur d'échelle et du biais par rapport à un capteur pris comme référence, dans l'étendue de
35 la dynamique de mesure, sont pris en considération.

L'invention propose dans ce but un dispositif dans lequel

les moyens de correction comportent une mémoire de stockage, pour chaque capteur, de I jeux de coefficients de correction a_n et b_n (I étant un entier supérieur à 1), chaque jeu de coefficients correspondant à une fraction donnée de la dynamique, et des moyens pour sélectionner, en fonction de
5 chacune des valeurs x_n successives, celui des jeux de coefficients a_n , b_n qui est à appliquer.

Cette seconde disposition est utilisable indépendamment de la précédente et, dans certains cas, peut être utilisée
10 seule. Toutefois, elle est avantageusement utilisée en même temps que la précédente et permet de réduire les erreurs dues aux dispersions entre capteurs et à l'influence du multiplexage à une valeur faible, qui peut même être rendue inférieure au bruit.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et de la comparaison qui en est faite avec un dispositif appartenant à l'art antérieur. La description se réfère aux dessins
15 qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe montrant un dispositif d'imagerie de constitution générale connue, mais ayant des moyens de correction conformes à un mode particulier de réalisation de l'invention ;

25 - la figure 2 est un schéma montrant, en traits pleins, la variation du signal de sortie x_r d'un capteur de référence, le signal de sortie x_n d'un capteur d'ordre n et, en tirets, le signal corrigé x'_n que permet d'obtenir un mode de correction suivant l'art antérieur, tel que représenté par la formule (1) ci-dessus ;

30 - la figure 3, similaire à la figure 2, montre l'effet de la mise en oeuvre de plusieurs jeux de coefficients a_n et b_n pour chaque capteur d'ordre n ; et

35 - la figure 4 est un schéma de principe de moyens de correction permettant à la fois de réduire le trainage et de corriger le facteur d'échelle et le biais.

Le dispositif d'imagerie dont les composants concernés par l'invention sont montrés schématiquement en figure 1 a une constitution générale connue.

5 Ce dispositif comporte un détecteur 10 constitué par une barrette de capteurs à intégration de lumière (et couplage de charges, dite barrette CCD). Un miroir de balayage 12, rotatif autour d'un axe 13 parallèle à la barrette, forme l'image de tranches successives d'une scène sur le détecteur 10. Souvent la barrette comporte plusieurs rangées successives de capteurs, et le transfert de charge d'une rangée à l'autre est commandé, par un séquenceur 14 relié à une horloge 16 qui cadence le fonctionnement du dispositif et en particulier assure la synchronisation avec le moteur 17 du miroir de balayage 12, de façon que les charges soient
10 transférées d'une rangée à l'autre à la vitesse du déplacement de l'image sur la barrette.
15

La cadence à laquelle les signaux représentant des images complètes successives de la scène peuvent être fournis en série est limitée par l'aptitude de l'électronique associée au détecteur 10 à transmettre en série des échantillons
20 prélevés au même instant en sortie de la dernière colonne de la barrette. Pour permettre un accroissement de la cadence de formation des images successives, le détecteur 10 est souvent fractionné en plusieurs groupes de capteurs (quatre par exemple) munis chacun d'un multiplexeur ou, souvent, de deux multiplexeurs 18a et 18b affectés l'un aux capteurs d'ordre impair, l'autre aux capteurs d'ordre pair du groupe. Cette solution est notamment utilisée lorsque l'on constitue des images à deux trames entrelacées. Un multiplexeur
25 supplémentaire, ou deux multiplexeurs supplémentaires 20a et 20b, suivant le cas, regroupent les échantillons analogiques successifs, et fournissent par exemple un échantillon u_n à l'instant n . Les échantillons successifs provenant d'un multiplexeur, par exemple 20b, sont appliqués à un convertisseur analogique-numérique 21 qui fournit un signal
30 numérique x_n en réponse au signal analogique u_n , par exemple
35

sur 8 bits.

Les caractéristiques des capteurs de la barrette présentent une dispersion. Si par exemple un capteur d'ordre r , utilisé comme capteur de référence, présente une caractéristique de variation du signal de sortie en fonction du flux lumineux qu'il a reçu qui est représentée par la courbe 22r sur la figure 2, un autre capteur d'ordre n peut présenter une courbe de réponse différente 22n (l'écart entre les courbes 22r et 22n étant très exagéré sur la figure 2 pour plus de clarté).

Classiquement, le dispositif d'imagerie comprend des moyens correcteurs destinés à réduire l'effet de cette dispersion des caractéristiques. Les moyens habituellement utilisés à ce jour partent de l'hypothèse que l'on peut faire coïncider la courbe de réponse de chacun des capteurs avec celle du capteur de référence par une transformation linéaire de la forme :

$$x'_n = a_n \cdot x_n + b_n$$

où a_n et b_n sont un jeu de deux coefficients affectés au capteur d'ordre n .

Les valeurs a_n et b_n peuvent être calculées par une unité de calcul 24 à partir de la réponse de chaque capteur d'ordre n à l'exposition à deux flux ϕ_A et ϕ_B de référence. L'unité de calcul 24 compare les signaux x_r fournis par le capteur de référence (pour lequel $a_r = 1$, $b_r = 0$) à ceux provenant de chaque capteur d'ordre n . Elle calcule les valeurs des coefficients a_n et b_n qui font coïncider les courbes 21n et 21r en A et B. Les coefficients sont mémorisés pour chaque capteur dans une mémoire 26. Ils sont appliqués à un multiplieur 28 et un additionneur 30 dans le canal de transmission fournissant le signal de sortie x'_n lorsque la valeur x_n est présentée par le convertisseur analogique-numérique 21.

Les flux de référence ϕ_A et ϕ_B peuvent être fournis par une source réglable, placée de façon que son image puisse être formée sur le détecteur 10 par déplacement du miroir de

balayage 12 au-delà de la position qu'il prend pour le balayage de la scène observée. Les flux Φ_A et Φ_B sont avantageusement sélectionnés par l'unité de calcul 24 de façon à se trouver dans la dynamique d'éclairement de la scène observée. Pour cela un premier balayage de la scène peut être effectué pour permettre à l'unité de calcul de faire un histogramme.

La disposition qui vient d'être décrite permet de normaliser la réponse des capteurs et donc de supprimer les erreurs pour les capteurs qui reçoivent des flux proches de Φ_A et Φ_B . En revanche, il subsiste une erreur pour les autres valeurs des flux. Dans certains cas, ces erreurs sont tolérables. Dans d'autres cas, elles doivent être éliminées ou du moins réduites, par mise en oeuvre de moyens qui seront décrits plus loin.

Les dispositions qui viennent d'être décrites ne permettent pas de réduire l'effet du "trainage" provoqué par la chaîne de traitement des signaux. Ce phénomène fait qu'un échantillon x_n intense ajoute, à l'échantillon x_{n+1} qui le suit, une contribution d'autant plus importante que l'intervalle de temps entre les deux échantillons est bref. La décroissance de la contribution peut généralement être représentée par une loi exponentielle négative, du genre $\exp(-t/\tau)$, où t est l'intervalle de temps et τ une constante de temps qui dépend de la constitution de la chaîne.

Pour écarter ou du moins réduire ce phénomène, les échantillons numériques peuvent être soumis à un filtrage donnant naissance à des échantillons corrigés x'_n :

$$x'_n = x_n - (x_{n-1} - x_n) \cdot \exp(-t/\tau) \quad (2)$$

Cette transformation peut être effectuée, avant application de la correction correspondant à la formule (1) ci-dessus, dans un filtre à réponse impulsionnelle finie de constitution classique. Pour un dispositif donné, et à cadence de formation d'image constante, le terme $\exp(-t/\tau)$ est une constante F , pouvant être fournie par une unité de calcul 24.

Il serait possible, bien qu'en général cela ne soit pas utile, d'effectuer une correction tenant également compte du terme x_{n-2} .

Lorsqu'il est nécessaire de réduire l'erreur due aux écarts entre capteurs à une valeur très faible, par exemple inférieure au bruit de fond des capteurs, le dispositif est prévu pour affecter, à chaque capteur d'ordre n , non pas un seul jeu de coefficients a_n , b_n , mais plusieurs jeux de coefficients, correspondant chacun à une zone particulière de la dynamique. Les coefficients affectés à une zone sont déterminés de façon à faire correspondre la courbe de réponse du capteur d'ordre n à la courbe de réponse du capteur de référence pour deux flux situés dans la zone. Dans le cas illustré sur la figure 3, deux jeux de coefficients sont prévus, correspondant à deux zones successives. Les erreurs sont totalement supprimées pour les flux Φ_{a1} et Φ_{b1} pour la première zone, pour les flux Φ_{a2} et Φ_{b2} dans la seconde zone.

Pour permettre une sélection facile de celui des I jeux de coefficients qui sont prévus (I est égal à 2 dans le cas de la figure 3), les zones correspondent avantageusement chacune à une valeur particulière de un ou plusieurs bits les plus significatifs de l'échantillon. Dans le cas de la figure 3 par exemple, la première zone peut correspondre à une valeur du bit le plus significatif ; la zone 2 correspond alors à la valeur 1 de ce bit.

Dans ce cas, la mémoire 26 doit stocker I jeux de coefficients pour chaque capteur et l'unité de calcul 24 doit recevoir, de la sortie du filtre 32, une information portant sur un ou plusieurs bits les plus significatifs.

La disposition représentée en figure 1 exige, si on veut réaliser les deux types de correction, de compliquer la chaîne de traitement.

Dans un mode particulier de réalisation qui sera maintenant décrit, il n'est pas nécessaire d'ajouter un composant supplémentaire.

Cela provient du fait que l'on peut écrire, en substituant x'_n à x_n dans la formule (1) :

$$x'_n = a_n [x_n - (x_{n-1} - x_n) \cdot \exp(-t/\tau)] + b_n$$

ou :

$$5 \quad x'_n = a_n [1 - \exp(-t/\tau)] x_n - a_n \exp(-t/\tau) x_{n-1} + b_n$$

qui peut s'écrire

$$x'_n = a'_n x_n - a''_n x_{n-1} + b_n \quad (3)$$

où a'_n et a''_n sont des constantes qui peuvent être calculées une fois pour toutes pour chaque capteur n . Suivant le cas,
10 il y aura un seul jeu de coefficients a'_n , a''_n et b_n pour chaque capteur, ou il y aura I jeux de coefficients.

La constitution des moyens de correction peut alors être celle indiquée schématiquement en figure 4, où les organes correspondant à ceux déjà montrés en figure 1 portent le
15 même numéro de référence.

Les coefficients qui interviennent dans la correction, obtenus par une calibration préalable, sont encore stockés dans une mémoire 26. Cette mémoire comporte, pour chaque capteur d'ordre n , le jeu ou les jeux de valeurs a'_n , a''_n et
20 b_n .

L'unité de calcul 24, qui peut être constituée par un microprocesseur, reçoit les valeurs x_n successives. Suivant le numéro n du capteur (et éventuellement suivant la valeur des bits de poids fort du signal x_n), il fournit le jeu
25 approprié de coefficients a'_n , a''_n et b_n . Ces coefficients peuvent être temporairement mémorisés dans une mémoire vive 34 à double accès.

L'échantillon x_n est multiplié par a'_n dans un multiplieur 36 et le produit est ajouté à b_n dans un additionneur
30 38.

L'échantillon x_{n-1} , disponible à la sortie d'un élément de retard 40, est multiplié par a''_n dans un multiplieur 42 et le produit est ajouté à la sortie de l'additionneur 38 pour fournir x'_n .

35 Les opérations qui viennent d'être indiquées peuvent être effectuées par voie logicielle, dans des circuits câblés ou

dans un circuit intégré d'application spécifique (asic).

Comme il a été indiqué plus haut, certaines des dispositions décrites peuvent être utilisées indépendamment d'autres. De plus la correction de trainage peut être complétée pour faire intervenir l'échantillon x_{n-2} . Il doit être entendu que la portée du présent brevet s'étend à de telles variantes ainsi plus généralement qu'à toutes autres restant dans le cadre des équivalences.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'imagerie comprenant un détecteur (10) constitué par une matrice de capteurs opto-électroniques, des moyens de multiplexage destinés à fournir des signaux de sortie représentant chacun la lumière reçue par un capteur respectif, et des moyens de correction des signaux de sortie destinés à compenser les écarts entre les caractéristiques de réponse des différents capteurs, caractérisé en ce que lesdits moyens de correction sont prévus pour fournir, en réponse à un échantillon d'entrée de valeur x_n , un échantillon de sortie de valeur $x''_n = x_n - (x_{n-1} - x_n) \cdot F$, où x_{n-1} est l'échantillon précédent et F est une constante inférieure à l'unité, choisie en fonction de l'effet de trainage.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de correction sont prévus pour fournir, à partir d'un échantillon d'entrée x entre x''_n provenant d'un capteur d'ordre n un signal x'_n de la forme

$$x'_n = a_n \cdot x''_n + b_n$$

où a_n et b_n sont des coefficients stockés dans une mémoire (26) et affectés au capteur d'ordre n .

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite mémoire est prévue pour stocker, pour chaque capteur, plusieurs jeux de coefficients de correction a_n et b_n , chaque jeu de coefficients correspondant à une fraction donnée de la dynamique de réponse à la lumière, et en ce que les moyens de correction sont prévus pour sélectionner, en fonction de chacune des valeurs de x_n ou x''_n successives, celui des jeux de coefficients a_n , b_n qui est à appliquer.

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les moyens de correction sont prévus pour fournir à partir de signaux d'entrée x_n et x_{n-1} provenant de capteurs d'ordre n et $n - 1$, le signal de sortie x'_n affecté au capteur d'ordre n :

$$x'_n = a'_n x_n - a''_n x_{n-1} + b_n$$

où a'_n et a''_n sont des constantes calculées pour chaque capteur n et dépendent de a_n .

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens de correction comprennent, de plus, une unité de calcul (24) qui reçoit les valeurs x_n successives, sélectionne le jeu approprié de coefficients a'_n , a''_n et b_n et les écrit temporairement dans une mémoire vive (34) à double accès alimentant un filtre à réponse impulsionnelle finie.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'unité de calcul (24) sélectionne le jeu de coefficients affectés au capteur d'ordre n , parmi plusieurs, en fonction des bits de poids fort du signal x_n .

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le filtre comporte deux multiplieurs (36-42) fournissant les produits $a'_n x_n$ et $a''_n x_{n-1}$, et deux additionneurs en cascade.

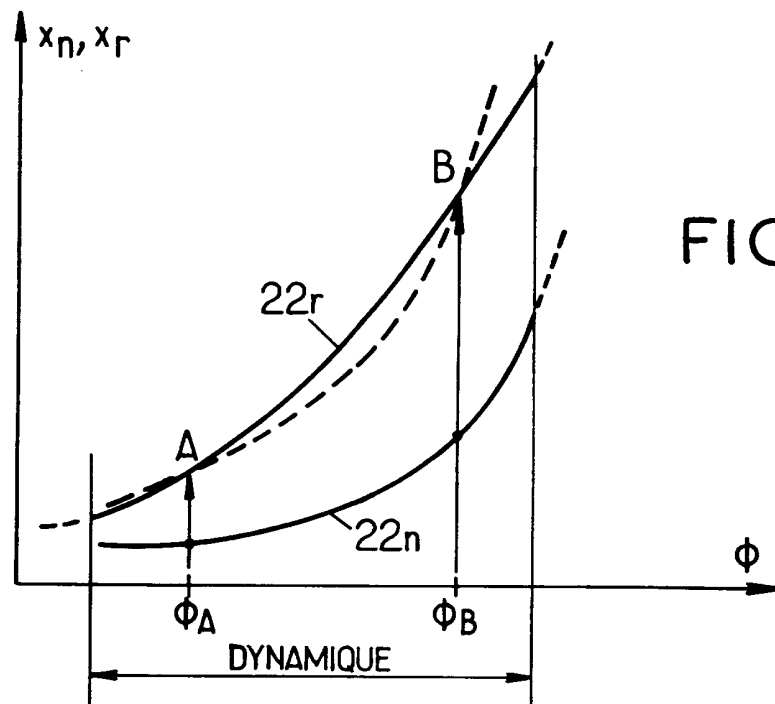


FIG. 2.

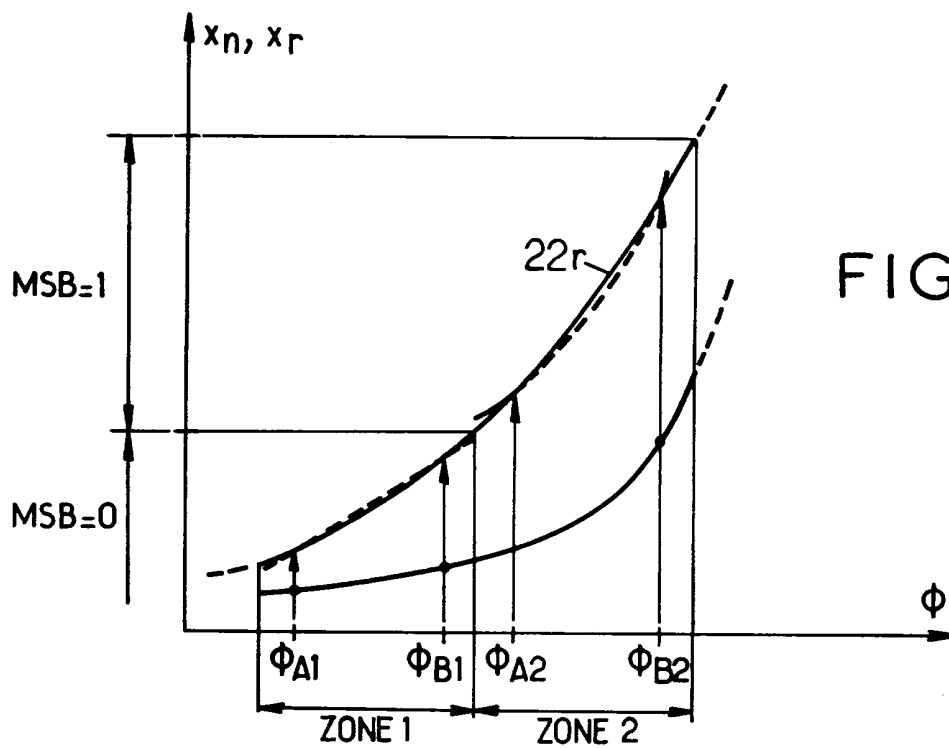
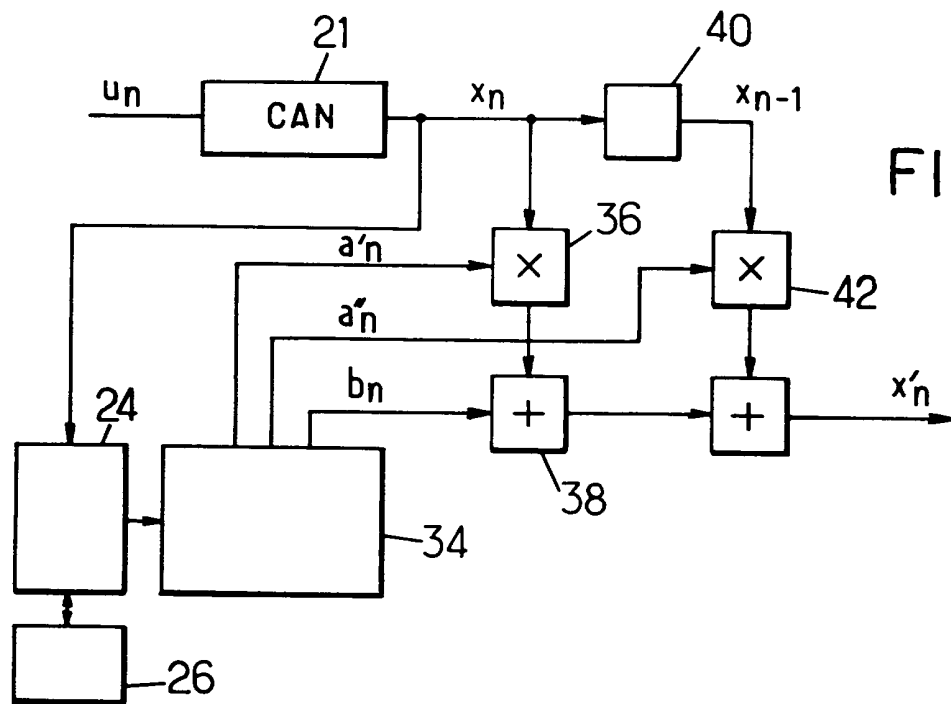


FIG. 3.



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 500594
FR 9406182

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	GB-A-2 149 605 (MARCONI AVIONICS LIMITED) * page 1, ligne 5 - page 4, ligne 36 * ---	1-3
A	EP-A-0 406 897 (FUJI PHOTO FILM CO LTD) * page 4, ligne 12 - ligne 35 * ---	1-3
A	DE-A-43 05 251 (ELTRO GMBH) * page 2, ligne 30 - page 3, ligne 50 * ---	1-3
A	DE-A-40 37 573 (SAMSUNG ELECTRONICS CO. LTD.) * page 2, ligne 3 - ligne 17 * * page 3, ligne 12 - ligne 16 * ---	1,5
A	EP-A-0 393 763 (T.R.T.) * colonne 2, ligne 5 - colonne 3, ligne 2 * * colonne 8, ligne 30 - colonne 9, ligne 5 * -----	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		H04N
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
30 Janvier 1995		De Dieuleveult, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'un moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire 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		