

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ DETECTION ET CORRECTION DE PIXELS DEFECTUEUX.

②② Date de dépôt : 07.10.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN ELECTRONICS &
DEFENSE Société par actions simplifiée — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 12.04.24 Bulletin 24/15.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.02.25 Bulletin 25/08.

⑦② Inventeur(s) : MICHELS Yves, LE CALLOCH
Thibaut et RENAUDAT Mathieu.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

FR 3 140 724 - B1



Description

Titre de l'invention : DETECTION ET CORRECTION DE PIXELS DEFECTUEUX

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne les systèmes d'imagerie utilisant une matrice de photo-détecteurs, notamment dans le domaine spectral de l'infra-rouge, par exemple l'infra-rouge moyen ou l'infra-rouge lointain.
- [0002] Ces systèmes d'imagerie intègrent des caméras infrarouges pour détecter le rayonnement thermique d'un objet ou d'une scène et le convertir en images représentatives des variations thermiques de l'objet ou de la scène. Il peut s'agir de caméras infrarouges refroidies ou non refroidies.

État de l'art antérieur

- [0003] Un tel système d'imagerie délivre une image dont chaque pixel correspond à un photo-détecteur de la matrice de photo-détecteurs. Il est connu qu'une matrice de photo-détecteurs comporte un certain nombre de photo-détecteurs dont la réponse ne suit pas une loi prédictible en fonction de l'intensité lumineuse reçue. Les pixels qu'ils délivrent ne restituent pas directement la valeur de l'intensité lumineuse reçue. Ces pixels sont appelés défectueux.
- [0004] Afin d'obtenir une image traitée cohérente pour tous les photo-détecteurs d'une matrice de photo-détecteurs, les pixels défectueux doivent être détectés et corrigés par des algorithmes de traitement d'image.
- [0005] L'enjeu de la gestion des pixels défectueux est de prédire pour chaque pixel sa valeur en fonction des valeurs de son voisinage afin de détecter et corriger ces pixels défectueux.
- [0006] Il est possible d'effectuer une détection et une correction de pixels défectueux en usine. La détection en usine consiste par exemple à détecter les pixels qui ne suivent pas une loi affine en fonction de la température en imageant un corps noir à plusieurs températures. Le corps noir assure un flux d'entrée égal sur tous les pixels. Les pixels dont la réponse s'éloigne suffisamment du modèle affine sont définis comme défectueux et sont enregistrés dans une table de pixels défectueux. Ces pixels sont ensuite remplacés par une combinaison de leur voisinage sain.
- [0007] Cependant, cette technique ne permet de corriger que les pixels détectés lors de la calibration usine. Elle n'est donc pas adaptée aux cas où des pixels peuvent passer aléatoirement d'un état sain à un état défectueux et inversement, comme cela arrive avec certains capteurs infrarouges refroidis, par exemple basés sur une technologie incluant des matériaux semi-conducteurs en tellure de mercure-cadmium (MCT).

- [0008] La détection et la correction des pixels défectueux peuvent également être effectuées sur scène : la détection d'un pixel défectueux est basée sur la différence entre la valeur du pixel en question et une prédiction de la valeur du pixel basée sur son voisinage.
- [0009] Les méthodes existantes (par exemple dans WO201068372 et US20150172576) prédisent la valeur du pixel en question en moyennant des pixels voisins dans l'espace.
- [0010] Les méthodes de détection sur scène sont sensibles aux fausses détections car les méthodes actuelles fonctionnent sur des filtres isotropes et ne prennent pas en compte la temporalité des pixels.
- [0011] Les éléments fortement contrastés de la scène sont susceptibles d'être détectés comme pixels défectueux et supprimés de l'image traitée.
- [0012] D'autres méthodes plus complexes sont basées sur des estimations denses du mouvement (par exemple dans FR3028376) ou utilisent des méthodes de recherches de voisinages itératives coûteuses en ressources calculatoires et donc peu adaptées aux systèmes embarqués. De plus, les estimations denses du mouvement sont sensibles aux bruits ce qui peut générer de nombreuses erreurs d'estimation. Les méthodes existantes ne prennent pas en compte les textures locales, ce qui génère des effets de flous sur les objets contrastés. La méthode proposée dans FR3038194 est basée sur la construction itérative du voisinage qui n'est pas adaptée à une mise en œuvre par circuits FPGA qui traitent les pixels dans le flux.

Exposé de l'invention

- [0013] L'invention vise à résoudre les problèmes de la technique antérieure en fournissant un procédé de détection et correction de pixels défectueux sur scène en temps réel dans un flux d'images, qui utilise à la fois le mouvement global des textures sur les images du flux d'images et l'orientation locale des textures des images considérées individuellement, pour améliorer les performances de la détection et fournir une solution légère en ressources FPGA.
- [0014] Le mouvement global correspond au mouvement de la ligne de visée. Le mouvement global induit une variation temporelle de l'information perçue par l'ensemble des photo-détecteurs de la matrice de photo-détecteurs, correspondant chacun à un pixel. Le mouvement global permet de différencier les points de fort contraste de la scène, dont les positions varient temporellement sur les pixels, et les pixels défectueux qui restent statiques.
- [0015] L'orientation locale des textures d'une image est une représentation des orientations des textures en chaque pixel de l'image. L'orientation de la texture en un pixel donné de l'image dépend des pixels voisins.
- [0016] Ainsi, l'invention fournit un procédé de détection et de correction de pixels défectueux dans des images délivrées par une matrice de photo-détecteurs, comportant

- [0017] - la prise en compte d'un flux d'images représentant une scène, acquis par un dispositif intégrant la matrice de pixels,
- [0018] - la détection d'un mouvement dans la scène, et lorsqu'un mouvement est détecté,
- [0019] caractérisé en ce qu'il comporte, pour un pixel courant de chaque image d'un ensemble d'images du flux d'images,
- [0020] - la prédiction de la valeur du pixel courant, en fonction de pixels voisins du pixel courant, sélectionnés selon une orientation de motif autour du pixel courant, pour déterminer une valeur de pixel prédit,
- [0021] - la détection d'un état sain ou défectueux du pixel courant, comportant
- [0022] o l'incrémentation de la valeur d'un compteur si la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit est supérieure à un seuil de différence, et décrémentation de la valeur du compteur sinon,
- [0023] o la comparaison de la valeur du compteur à un premier et un second seuils d'hystérésis, le premier seuil étant supérieur au second seuil,
- [0024] o l'attribution au pixel courant de l'état défectueux si la valeur du compteur est supérieure au premier seuil, ou de l'état sain si la valeur du compteur est inférieure au second seuil, ou la conservation d'un état précédent du pixel courant si la valeur du compteur est comprise entre le premier et le second seuils d'hystérésis,
- [0025] - la correction de la valeur du pixel courant si le pixel courant est à l'état défectueux, en remplaçant la valeur du pixel courant par la valeur du pixel prédit.
- [0026] Grâce à l'invention, la correction des pixels défectueux est effectuée de manière localement adaptative aux textures de la scène. Pour un pixel défectueux donné d'une image donnée, la correction dépend de son voisinage dans l'image.
- [0027] De plus, la détection des pixels défectueux est basée sur l'intégration dans le temps des potentielles détections successives effectuées dans les images précédentes du flux d'images. L'invention combine ainsi un traitement spatial de chaque image et un traitement temporel de l'ensemble des images.
- [0028] La robustesse de la détection des pixels défectueux et la qualité visuelle de l'image corrigée sont améliorées par rapport aux techniques connus.
- [0029] La mise en œuvre peut être réalisée par FPGA. L'architecture globale permettant aux fonctions de fonctionner ensemble en mutualisant leurs ressources FPGA et leur consommation électrique.
- [0030] Selon une caractéristique préférée, la prédiction de la valeur du pixel courant comporte l'application de filtres spatiaux hautes fréquences orientés sur une zone incluant le pixel courant pour déterminer l'orientation de motif autour du pixel courant.
- [0031] Selon une caractéristique préférée, les filtres spatiaux hautes fréquences sont choisis parmi un filtre vertical, un filtre horizontal et deux filtres diagonaux.
- [0032] Selon une caractéristique préférée, la prédiction de la valeur du pixel courant

comporte le calcul d'une moyenne de valeurs de pixels voisins du pixel courant sélectionnés dans l'orientation de l'image déterminée par l'orientation de motif autour du pixel courant.

- [0033] L'invention concerne aussi un dispositif intégrant une matrice de photo-détecteurs, comportant des moyens de :
- [0034] - prise en compte d'un flux d'images représentant une scène, acquis par un dispositif intégrant la matrice de pixels,
- [0035] - détection d'un mouvement dans la scène, et lorsqu'un mouvement est détecté,
- [0036] caractérisé en ce qu'il comporte, pour un pixel courant de chaque image d'un ensemble d'images du flux d'images, des moyens de :
- [0037] - prédiction de la valeur du pixel courant, en fonction de pixels voisins du pixel courant, sélectionnés selon une orientation de motif autour du pixel courant, pour déterminer une valeur de pixel prédit,
- [0038] - détection d'un état sain ou défectueux du pixel courant, les moyens de détection étant adapté pour
- [0039] o incrémenter la valeur d'un compteur si la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit est supérieure à un seuil de différence, et décrémenter la valeur du compteur sinon,
- [0040] o comparer la valeur du compteur à un premier et un second seuils d'hystérésis, le premier seuil étant supérieur au second seuil,
- [0041] o attribuer au pixel courant l'état défectueux si la valeur du compteur est supérieure au premier seuil, ou l'état sain si la valeur du compteur est inférieure au second seuil, ou conserver un état précédent du pixel courant si la valeur du compteur est comprise entre le premier et le second seuils d'hystérésis,
- [0042] - correction de la valeur du pixel courant si le pixel courant est à l'état défectueux, en remplaçant la valeur du pixel courant par la valeur du pixel prédit.
- [0043] Le dispositif présente des avantages analogues à ceux précédemment présentés.
- [0044] Dans un mode particulier de réalisation, les étapes du procédé selon l'invention sont mises en œuvre par des instructions de programme d'ordinateur.
- [0045] En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations, ce programme étant susceptible d'être mis en œuvre dans un ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre des étapes d'un procédé tel que décrit ci-dessus.
- [0046] L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions de programme d'ordinateur adaptées à la mise en œuvre des étapes d'un procédé tel que décrit ci-dessus.
- [0047] Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Le support d'informations peut être un circuit intégré dans

lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé selon l'invention.

Brève description des dessins

- [0048] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, décrit en référence aux figures dans lesquelles :
- [0049] [Fig.1] illustre un procédé de détection et de correction de pixels défectueux selon un mode de réalisation de l'invention,
- [0050] [Fig.2] illustre un procédé de prédiction de la valeur d'un pixel courant, mis en œuvre dans le procédé de la [Fig.1],
- [0051] [Fig.3] illustre un procédé de détection d'un état sain ou défectueux d'un pixel courant, mis en œuvre dans le procédé de la [Fig.1], et
- [0052] [Fig.4] illustre un dispositif de détection et de correction de pixels défectueux selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0053] Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.
- [0054] **Exposé détaillé de modes de réalisation particuliers**
- [0055] Selon un mode de réalisation préféré, représenté à la [Fig.1], le procédé de détection et de correction de pixels défectueux dans des images délivrées par une matrice de photo-détecteurs est appliqué à un flux d'images représentant une scène, acquis par un dispositif intégrant la matrice de photo-détecteurs. Chaque photo-détecteur de la matrice de photo-détecteurs correspond à un pixel. Le dispositif est par exemple un imageur matriciel infra-rouge, ou une caméra couleur.
- [0056] Un pixel est défectueux lorsque sa valeur ne représente pas la valeur de l'intensité lumineuse reçue par le photo-détecteur qui lui est associé dans la matrice de photo-détecteur.
- [0057] Le procédé comporte des étapes E1 à E4, mises en œuvre par un ordinateur ou sous une forme matérielle, tel qu'un FPGA.
- [0058] L'étape E1 est la détection d'un mouvement dans la scène. En effet, la détection des pixels défectueux est effectuée lorsqu'un mouvement est détecté dans la scène afin de ne pas détecter comme défectueux les pixels positionnés sur des points chauds de la scène, à l'étape ultérieure E3 décrite dans la suite. Par « point chaud », respectivement « point froid », on entend une zone de quelques pixels dans l'image qui ont une valeur représentative d'une intensité lumineuse reçue très supérieure, respectivement inférieure, à la valeur des pixels voisins de la zone considérée.
- [0059] La détection de mouvement peut être effectuée à partir d'un dispositif de traitement d'image qui réalise par exemple une estimation de translations par corrélations ou une

estimation de changement basée sur les variations moyennes des niveaux de gris de l'image. La détection de mouvement peut aussi être effectuée par un dispositif extérieur qui applique par exemple une consigne de mouvement lorsqu'une ligne de visée est asservie par un système motorisé, ou encore par un module inertiel qui mesure un mouvement.

- [0060] Dans la suite, on fait l'hypothèse qu'un mouvement a été détecté dans le flux d'images. On suppose donc que les points chauds et les points froids de la scène ne restent pas sur les mêmes pixels au cours du temps. On considère un ensemble d'images du flux d'images, et les étapes suivantes sont parcourues pour chacun des pixels de chacune des images de l'ensemble d'image du flux d'images.
- [0061] L'étape E2 est une prédiction de la valeur du pixel courant de l'image courante. Un mode de réalisation de prédiction de valeur de pixel est détaillé à la [Fig.2] et comporte des étapes E21 à E22.
- [0062] L'étape E21 est l'application de filtres spatiaux hautes fréquences orientés sur une zone z incluant le pixel courant. Par exemple, la zone est centrée sur le pixel courant. Il peut notamment s'agir d'un motif de 3×3 pixels dont le centre est le pixel courant.
- [0063] Par exemple, un filtre horizontal F_{ign} et un filtre vertical F_{col} sont appliqués sur la zone considérée z . Il peut s'agir de gradient, laplacien ou d'autres types de filtres. La différence des résultats de l'application des filtres spatiaux hautes fréquences orientés $F_{\text{ign}}(z)$ et $F_{\text{col}}(z)$ est ensuite comparée à un seuil prédéterminé S_1 :
- [0064] - Si $F_{\text{col}}(z) - F_{\text{ign}}(z) > S_1$, alors la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance verticale,
- [0065] - Si $F_{\text{ign}}(z) - F_{\text{col}}(z) > S_1$ alors la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance horizontale,
- [0066] - Sinon, la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture homogène.
- [0067] Selon un autre exemple, des filtres diagonaux F_{diag1} et F_{diag2} sont aussi appliqués sur la zone considérée z . Les différences suivantes sont comparées au seuil S_1 :
- [0068] - Si $F_{\text{col}}(z) - (F_{\text{ign}}(z) + F_{\text{diag1}}(z) + F_{\text{diag2}}(z))/3 > S_1$, alors la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance verticale,
- [0069] - Si $F_{\text{ign}}(z) - (F_{\text{col}}(z) + F_{\text{diag1}}(z) + F_{\text{diag2}}(z))/3 > S_1$, alors la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance horizontale,
- [0070] - Si $F_{\text{diag1}}(z) - (F_{\text{ign}}(z) + F_{\text{col}}(z) + F_{\text{diag2}}(z))/3 > S_1$, alors la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance diagonale 1,
- [0071] - Si $F_{\text{diag2}}(z) - (F_{\text{ign}}(z) + F_{\text{diag1}}(z) + F_{\text{col}}(z))/3 > S_1$, alors la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance diagonale 2,
- [0072] - Sinon, la zone considérée z incluant le pixel courant a une texture à tendance homogène.
- [0073] Le résultat de l'étape 21 est une orientation locale de motif dans l'image courante. Le

résultat peut être une orientation verticale, horizontale, diagonale si des filtres diagonaux sont utilisés, ou encore une absence d'orientation.

- [0074] L'orientation permet de déterminer le type de prédiction (moyenne verticale, horizontale ou diagonale) à utiliser pour chaque pixel. En absence d'orientation la prédiction est faite par une moyenne isotrope donnée par la moyenne des différentes moyennes.
- [0075] L'étape suivante E22 est la détermination de la valeur du pixel prédit correspondant au pixel courant, en fonction de l'orientation locale de la zone z incluant le pixel courant. La détermination de la valeur du pixel prédit comporte le calcul d'une moyenne de valeurs de pixels voisins du pixel courant sélectionnés dans l'orientation de l'image.
- [0076] Si l'orientation locale de la zone z incluant le pixel courant est verticale, alors la valeur du pixel prédit est déterminée en moyennant les valeurs des deux pixels sains les plus proches dans l'orientation verticale de l'image.
- [0077] De même, si l'orientation locale de la zone z incluant le pixel courant est horizontale, alors la valeur du pixel prédit est déterminée en moyennant les valeurs des deux pixels sains les plus proches dans l'orientation horizontale de l'image.
- [0078] Si l'orientation locale de la zone z incluant le pixel courant est diagonale, alors la valeur du pixel prédit est déterminée en moyennant les valeurs des deux pixels sains les plus proches dans la même orientation diagonale de l'image.
- [0079] En cas d'absence d'orientation, la valeur du pixel prédit est déterminée en moyennant les valeurs des huit pixels sains les plus proches autour du pixel courant.
- [0080] Bien entendu, dans tous les cas précédents, le nombre de pixels sains pris en compte pour déterminer la valeur du pixel prédit peut être différent.
- [0081] En variante, on considère un nombre de pixels voisins, que ces pixels soient sains ou corrigés. Dans tous les cas, le nombre de pixels pris en compte pour déterminer la valeur du pixel prédit n'est pas lié à la taille de la zone considérée à l'étape E21.
- [0082] L'étape E2 de prédiction de la valeur du pixel courant de l'image courante est suivie de l'étape E3 qui est la détection d'un état sain ou défectueux du pixel courant. Un mode de réalisation de l'étape E3 est détaillé à la [Fig.3] et comporte des étapes E31 à E38.
- [0083] Un compteur de confiance est défini pour chaque pixel et sa valeur est incrémentée ou décrémentée au fil du traitement des images de l'ensemble d'images considéré. Le compteur de confiance donne une information temporelle sur l'état sain ou défectueux de chaque pixel.
- [0084] Il est à noter que le fait d'appliquer le traitement décrit si un mouvement a été détecté dans le flux d'images rend l'utilisation du compteur de confiance, et donc la détection de pixel défectueux, robuste aux points chauds ou froids de la scène.

- [0085] L'étape E31 est le calcul de la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit qui lui correspond, déterminée à l'étape E22.
- [0086] La valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit qui lui correspond est ensuite comparée avec un seuil de différence prédéterminé. La valeur du seuil de différence est définie par une analyse préliminaire.
- [0087] Si la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit qui lui correspond est supérieure au seuil de différence prédéterminé, alors l'étape E31 est suivie de l'étape E32 à laquelle la valeur du compteur correspondant au pixel courant est incrémentée de un. Dans le cas contraire, l'étape E31 est suivie de l'étape E33 à laquelle la valeur du compteur correspondant au pixel courant est décrémentée de un.
- [0088] On dispose ainsi d'une image de compteurs de confiance pour chaque image du flux d'images. La détection de pixels défectueux est ensuite réalisée grâce à un seuillage en hystérésis, dont un seuil haut et un seuil bas sont choisis pour assurer un compromis entre vitesse de réaction de la détection de pixel défectueux et stabilité dans l'image.
- [0089] L'étape E32 et l'étape E33 sont suivies de l'étape E34 à laquelle la valeur du compteur est comparée au seuil haut d'hystérésis.
- [0090] Si la valeur du compteur est supérieure au seuil haut d'hystérésis, alors l'étape E34 est suivie de l'étape E36 à laquelle un état défectueux est attribué au pixel courant.
- [0091] Si la valeur du compteur est inférieure au seuil haut d'hystérésis, alors l'étape E34 est suivie de l'étape E35 à laquelle la valeur du compteur est comparée au seuil bas d'hystérésis.
- [0092] Si la valeur du compteur est inférieure au seuil bas d'hystérésis, alors l'étape E35 est suivie de l'étape E37 à laquelle un état sain est attribué au pixel courant. Dans le cas contraire, la valeur du compteur est comprise entre le seuil bas et le seuil haut, et l'état du pixel courant reste inchangé (étape E38). L'état précédent du pixel courant, c'est-à-dire l'état du pixel courant dans l'image précédente de l'ensemble d'images, est conservé.
- [0093] Les étapes E31 à E38 permettent de faire évoluer l'état du pixel courant au fil du traitement des images de l'ensemble d'images considéré.
- [0094] L'étape E3 de détection d'un état du pixel courant est suivie de l'étape E4 à laquelle une valeur de sortie du pixel courant est déterminée, en fonction de l'état sain ou défectueux du pixel courant.
- [0095] Si le pixel est sain, alors sa valeur est inchangée. En d'autres termes, sa valeur de sortie est identique à sa valeur d'entrée.
- [0096] Si le pixel est défectueux, alors sa valeur est corrigée en la remplaçant par la valeur de pixel prédit.
- [0097] Selon un mode de réalisation, les fonctions de détection, correction des pixels dé-

fectueux et d'estimation de mouvement sont intégrées dans une même fonction. Les opérations récurrentes telles que les filtres spatiaux et les calculs de statistiques globaux ne sont donc effectuées qu'une fois pour l'ensemble des fonctions. Dans le cas d'une mise en œuvre par FPGA, cette mutualisation permet de réduire drastiquement les ressources FPGA utilisées ainsi que la consommation électrique en utilisation, en particulier pour les filtres hautes fréquences qui nécessitent des accès mémoires.

- [0098] Cette solution permet d'effectuer une gestion des pixels défectueux sur scène adaptée pour des applications embarquées telles que des jumelles portables.
- [0099] Le procédé de détection et de correction de pixels défectueux selon l'invention peut être mis en œuvre par un ou des circuit(s) intégré(s) dédié(s) ou par des processeurs programmables, ou encore sous la forme de programmes d'ordinateur mémorisés dans la mémoire d'un ordinateur.
- [0100] Ainsi, la [Fig.4] représente un mode de réalisation particulier de mise en œuvre de détection et correction de pixels selon l'invention.
- [0101] Le dispositif de détection et de correction de pixels a la structure générale d'un ordinateur. Il comporte notamment un processeur 100 exécutant un programme d'ordinateur mettant en œuvre le procédé selon l'invention, une mémoire 101, une interface d'entrée 102 et une interface de sortie 103.
- [0102] Ces différents éléments sont classiquement reliés par un bus 105.
- [0103] L'interface d'entrée 102 est destinée à recevoir le flux d'images à traiter.
- [0104] Le processeur 100 exécute les traitements précédemment exposés. Ces traitements sont réalisés sous la forme d'instructions de code du programme d'ordinateur qui sont mémorisées par la mémoire 101 avant d'être exécutées par le processeur 100.
- [0105] La mémoire 101 peut en outre mémoriser les résultats des traitements effectués.
- [0106] L'interface de sortie 103 fournit les images corrigées qui peuvent ensuite être mémorisées et/ou transmises de manière conventionnelle.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de détection et de correction de pixels défectueux dans des images délivrées par une matrice de photo-détecteurs, comportant

- la prise en compte d'un flux d'images représentant une scène, acquis par un dispositif intégrant la matrice de pixels,
- la détection (E1) d'un mouvement dans la scène, et lorsqu'un mouvement est détecté,

caractérisé en ce qu'il comporte, pour un pixel courant de chaque image d'un ensemble d'images du flux d'images,

- la prédiction (E2) de la valeur du pixel courant, en fonction de pixels voisins du pixel courant, sélectionnés selon une orientation de motif autour du pixel courant, pour déterminer une valeur de pixel prédit,
- la détection (E3) d'un état sain ou défectueux du pixel courant, comportant
 - l'incrémementation (E32) de la valeur d'un compteur si la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit est supérieure à un seuil de différence, et décrémementation (E33) de la valeur du compteur sinon,
 - la comparaison (E34, E35) de la valeur du compteur à un premier et un second seuils d'hystérésis, le premier seuil étant supérieur au second seuil,
 - l'attribution (E36) au pixel courant de l'état défectueux si la valeur du compteur est supérieure au premier seuil, ou (E37) de l'état sain si la valeur du compteur est inférieure au second seuil, ou la conservation (E38) d'un état précédent du pixel courant si la valeur du compteur est comprise entre le premier et le second seuils d'hystérésis,
- la correction (E4) de la valeur du pixel courant si le pixel courant est à l'état défectueux, en remplaçant la valeur du pixel courant par la valeur du pixel prédit.

- [Revendication 2] Procédé de détection et de correction de pixels défectueux selon la revendication 1, dans lequel la prédiction de la valeur du pixel courant comporte l'application (E21) de filtres spatiaux hautes fréquences orientés sur une zone incluant le pixel courant pour déterminer l'orientation de motif autour du pixel courant.
- [Revendication 3] Procédé de détection et de correction de pixels défectueux selon la revendication 2, dans lequel les filtres spatiaux hautes fréquences sont choisis parmi un filtre vertical, un filtre horizontal et deux filtres diagonaux.
- [Revendication 4] Procédé de détection et de correction de pixels défectueux selon la revendication 2 ou 3, dans lequel la prédiction de la valeur du pixel courant comporte le calcul (E22) d'une moyenne de valeurs de pixels voisins du pixel courant sélectionnés dans l'orientation de l'image déterminée par l'orientation de motif autour du pixel courant.
- [Revendication 5] Dispositif intégrant une matrice de photo-détecteurs, comportant des moyens de :
- prise en compte d'un flux d'images représentant une scène, acquis par un dispositif intégrant la matrice de pixels,
 - détection d'un mouvement dans la scène, et lorsqu'un mouvement est détecté,
- caractérisé en ce qu'il comporte, pour un pixel courant de chaque image d'un ensemble d'images du flux d'images, des moyens de :
- prédiction de la valeur du pixel courant, en fonction de pixels voisins du pixel courant, sélectionnés selon une orientation de motif autour du pixel courant, pour déterminer une valeur de pixel prédit,
 - détection d'un état sain ou défectueux du pixel courant, les moyens de détection étant adapté pour
- incrémenter la valeur d'un compteur si la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel courant et la valeur du pixel prédit est supérieure à un seuil de différence, et décrémenter la valeur du compteur sinon,
 - comparer la valeur du compteur à un premier et un second seuils d'hystérésis, le premier seuil étant supérieur au second seuil,
 - attribuer au pixel courant l'état défectueux si la valeur du compteur est supérieure au premier seuil, ou l'état sain si la valeur du compteur est inférieure au second seuil, ou

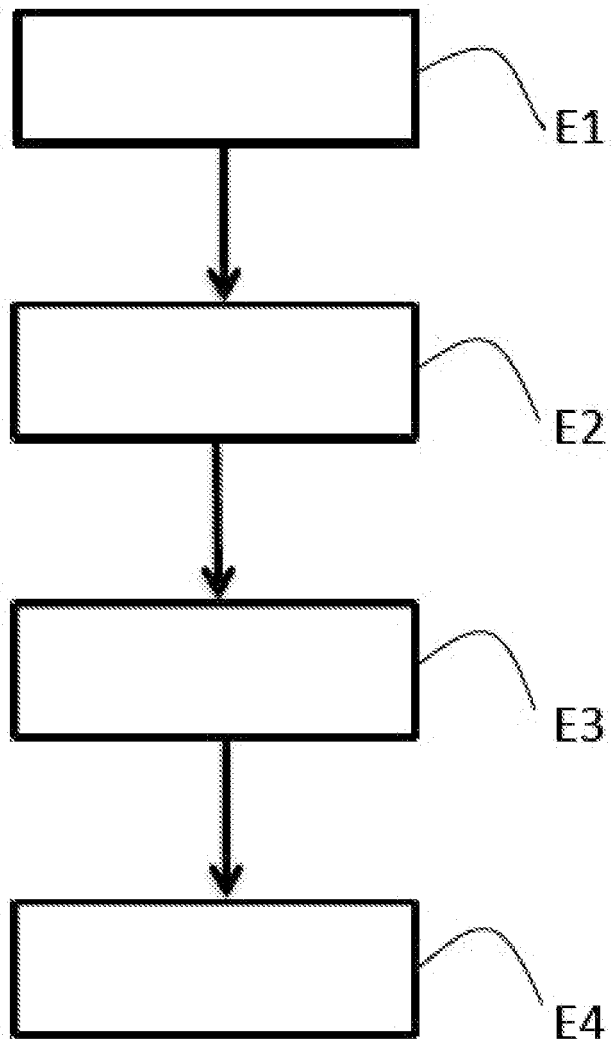
conserver un état précédent du pixel courant si la valeur du compteur est comprise entre le premier et le second seuils d'hystérésis,

- correction de la valeur du pixel courant si le pixel courant est à l'état défectueux, en remplaçant la valeur du pixel courant par la valeur du pixel prédit.

[Revendication 6] Programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

[Revendication 7] Support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

[Fig. 1]

**Figure 1**

[Fig. 2]

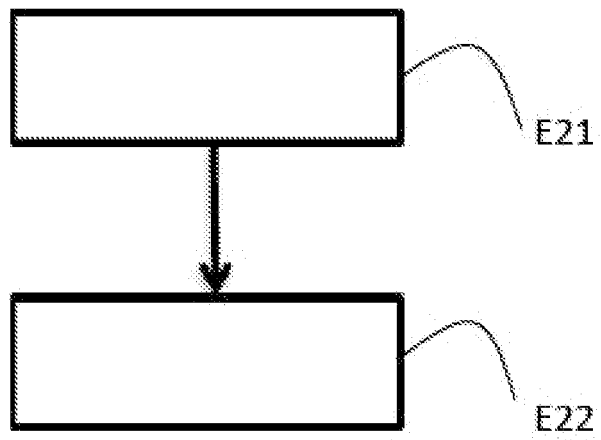
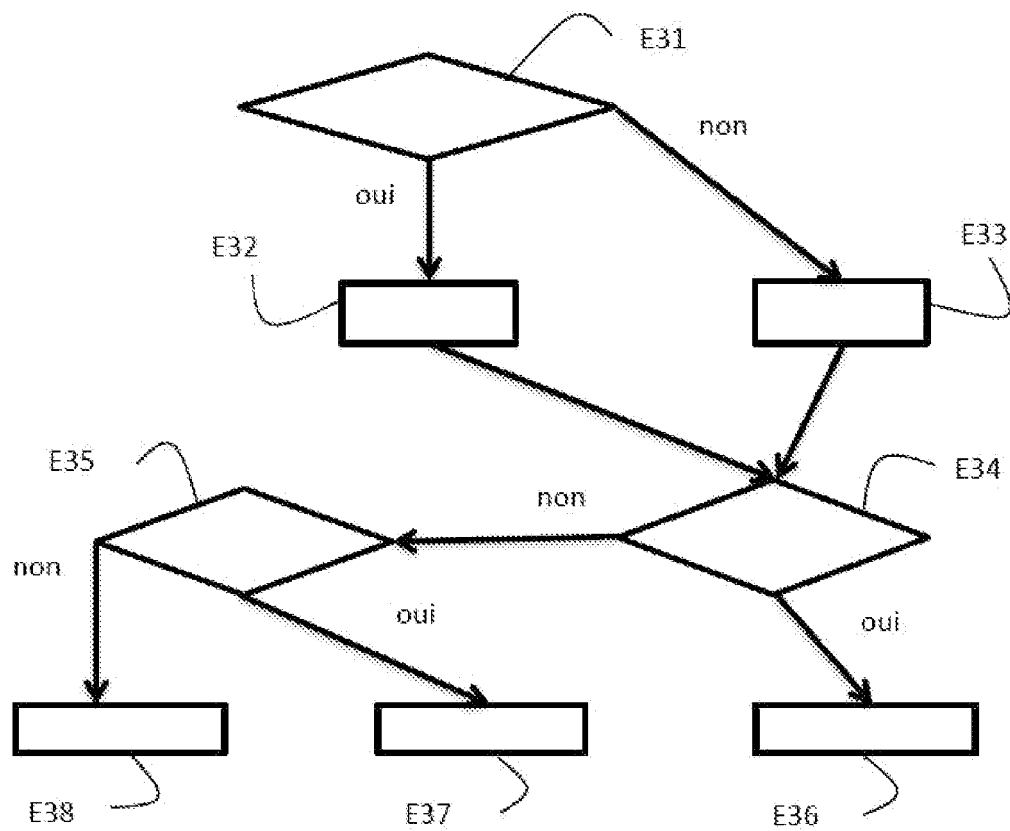
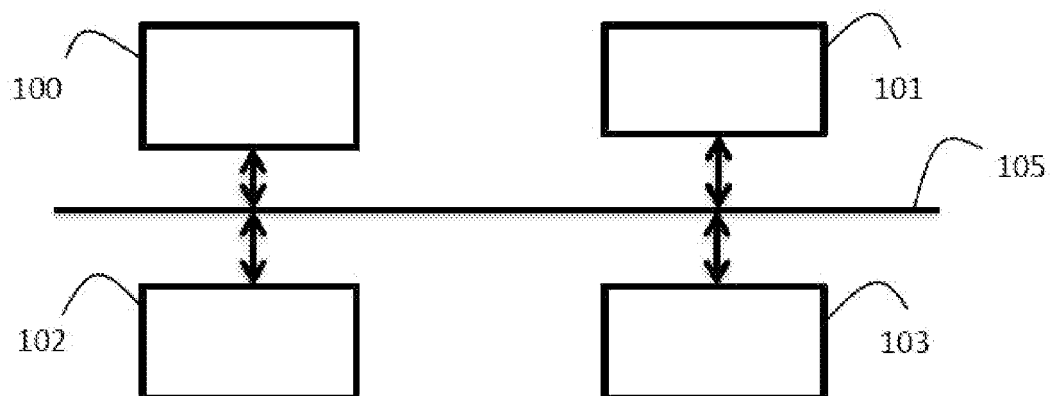


Figure 2

[Fig. 3]

**Figure 3**

[Fig. 4]

**Figure 4**

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2015/170376 A1 (BISHOP MICHAEL [GB])
18 juin 2015 (2015-06-18)

US 2007/103571 A1 (ITOH HIROSHI [JP])
10 mai 2007 (2007-05-10)

US 2017/070692 A1 (LIN SHENG [US] ET AL)
9 mars 2017 (2017-03-09)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT