(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
14 septembre 2017 (14.09.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/153700 A1

(51) Classification internationale des brevets : *G06T 5/50* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2017/050566

(22) Date de dépôt international : 13 mars 2017 (13.03.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1652068 11 mars 2016 (11.03.2016) FR

(71) Déposant : **BERTIN TECHNOLOGIES** [FR/FR]; 10 bis, avenue Ampère, Parc d'activités du Pas du Lac, 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX (FR).

(72) Inventeurs : **SOULIE, Emmanuel**; Rue Borely - Résidence Le Gauguin - Bât. A6, 13120 GARDANNE (FR). **ORIOT DE LA CHAPELLE, David**; 9, rue Eugène Salesses, 13250 SAINT CHAMAS (FR). **DIAZ, Damien**; 10, rue Severina, 13480 CALAS (FR).

(74) Mandataire : **GUTMANN, Ernest**; Yves Plasseraud SAS, 3, rue Auber, 75009 PARIS (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PROCESSING IMAGES

(54) Titre : PROCÉDÉ DE TRAITEMENT D'IMAGES

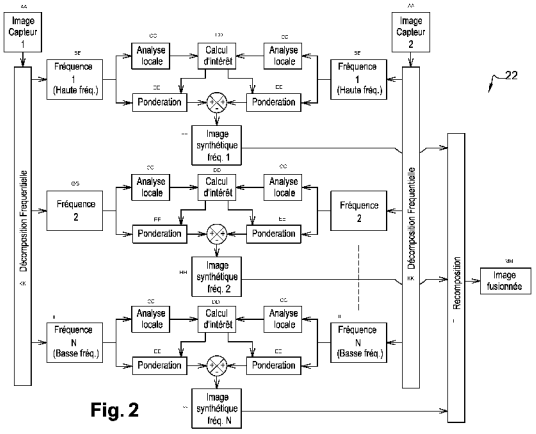


Fig. 2

AA Sensor image 1
BB Frequency 1 (High freq.)
CC Local analysis
DD Calculation of interest
EE Weighting
FF Synthetic image freq. 1
GG Frequency 2
HH Synthetic image freq. 2
II Frequency N (low freq.)
JJ Synthetic image freq. N
KK Frequency decomposition
LL Recomposition
MM Fused image

(57) Abstract : The invention relates to a method (10) for processing images using a first image sensor covering the visible domain and a second sensor covering the infrared domain. According to the invention, the method consists in: a) acquiring (12) a first image I_1 of said given zone of space using the first image sensor; b) acquiring (14) a second image I_2 of said given zone of space using the second image sensor; c) decomposing the first image I_1 so as to obtain at least one image of luminance I_{1L}; d) obtaining an image I_f resulting from digitally stitching (22) the image of luminance I_{1L} and the second image I_2; and e) adding colour information to the stitched image I_f or in the stitching step d).

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé (10) de traitement d'images à l'aide d'un premier capteur d'images couvrant le domaine visible et d'un second capteur couvrant le domaine infra-rouge. Selon l'invention, le procédé consiste à : a) acquérir (12) une première image I_1 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du premier capteur d'images, b) acquérir (14) une seconde image I_2 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du second capteur d'images, c) réaliser une décomposition de la première image I_1 de manière à obtenir au moins une image de luminance I_{1L}, d) à obtenir une image I_f résultant de la fusion numérique (22) de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2, e) à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f ou lors de l'étape d) de fusion.

WO 2017/153700 A1

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

PROCEDE DE TRAITEMENT D'IMAGES

L'invention concerne un procédé de traitement d'images destiné à l'analyse discriminante d'une zone donnée d'espace observée. L'analyse discriminante peut par exemple consister en une détection de menaces.

Sur un terrain d'opérations, il peut être nécessaire de disposer d'outils/dispositifs de détection optique de menaces, aussi bien en journée que durant les périodes de plus faibles luminosités, en particulier pendant la nuit.

On connait des dispositifs comprenant un boîtier logeant deux capteurs d'images dont un premier est apte à couvrir un premier domaine spectral et un second est apte à couvrir un second domaine spectral qui est différent du premier domaine spectral, les premier et second capteurs d'images étant aptes à former des images d'une même zone d'espace donnée, des moyens de traitement aptes à détecter une menace située dans ladite zone à partir des images issues du premier capteur et/ou du second capteur.

L'utilisation de plusieurs capteurs d'images aptes à couvrir des domaines spectraux différents autorise une détection d'un grand nombre de menaces, en particulier des menaces ayant des longueurs d'ondes très différentes. Il est également possible de différencier plusieurs types de menaces, selon qu'elles sont détectées par le premier capteur et/ou par le second capteur.

Toutefois, les moyens de traitement implémentés dans ce type de dispositif ne permettent pas une utilisation dans des conditions de faibles luminosités telles qu'on les rencontre la nuit, de sorte que les informations affichées par les capteurs ne s'avèrent la plupart du temps pas assez pertinentes pour un observateur.

La présente invention a notamment pour but d'éviter ces inconvénients d'une façon simple, efficace et économique.

A cet effet, elle propose un procédé de traitement d'images à l'aide

d'un dispositif comprenant au moins un boîtier comprenant au moins un premier capteur d'images apte à couvrir un premier domaine spectral et au moins un second capteur d'images apte à couvrir un second domaine spectral, différent du premier domaine spectral, les premier et second capteurs étant aptes à former des images d'une même zone d'espace, le premier capteur étant apte à couvrir un domaine spectral appartenant à la gamme des longueurs d'onde du spectre visible, le procédé consistant à :

a) acquérir une première image I_1 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du premier capteur d'images,
b) acquérir une seconde image I_2 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du second capteur d'images,
c) réaliser une décomposition de la première image I_1 de manière à obtenir au moins une image de luminance I_{1L},
d) à obtenir une image I_f résultant de la fusion numérique de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2,
e) à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f ou lors de l'étape d) de fusion.

Par fusion numérique de deux images (ici I_{1L} et I_2,), on entend une fusion au niveau pixel (« pixel-level fusion » en anglais), c'est-à-dire que la fusion est réalisée directement à partir des valeurs des pixels des images, et ce sur la totalité de chaque image.

Au contraire des procédés de traitement d'images de la technique antérieure, l'invention propose d'analyser la quantité d'information de chacune des première image I_1 obtenue dans le domaine visible et seconde image I_2, obtenue par exemple dans le domaine infrarouge, et de les fusionner numériquement dans une nouvelle image de fusion I_f et d'ajouter une information de couleur. De cette manière, l'image finale obtenue permet de restituer à un utilisateur une image comprenant des informations en couleurs plus facilement interprétables par un œil humain du fait de sa forte sensibilité aux longueurs d'ondes visibles.

Selon une autre caractéristique, le procédé consiste préalablement à

l'étape c), à réaliser une adaptation des dimensions de celle de la première image I_1 et de la seconde image I_2 présentant la plus faible résolution aux dimensions de l'autre de la première image et de la seconde image.

Cette étape de déformation vise encore à effectuer des opérations d'agrandissement, de rotation, de décalage et de correction des aberrations géométriques sur l'image présentant la plus faible résolution.

Préalablement à l'étape c), le procédé consiste également à faire correspondre la dynamique de la première image avec la dynamique de la seconde image.

Cette adaptation de dynamique vise essentiellement à rendre comparables les première et seconde images ainsi qu'à permettre une extraction d'un maximum d'information des images lors des étapes subséquentes.

Selon une réalisation particulière de l'invention, la fusion numérique comporte une étape de réalisation de décompositions en fréquences spatiales successives n de l'image de luminance I_{1L}, et de la seconde image I_2.

Ces décompositions fréquentielles permettent d'appréhender le contenu de chacune des images de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 de manière locale, c'est-à-dire au niveau de chaque pixel analysé.

Selon une autre caractéristique du procédé, l'étape de fusion numérique consiste à :

i. réaliser des décompositions, notées respectivement F_n^{1L} et F_n^2, en fréquences spatiales successives n de l'image de luminance I_{1L}, et de la seconde image I_2,

ii. effectuer un calcul d'énergie dans au moins certaines zones des images F_n^{1L}, F_n^2 chacune associée à une composante fréquentielle n,

iii. calculer une image de pondération P_n^{1L}, P_n^2, pour chacune des images F_n^{1L}, F_n^2 associées à une composante fréquentielle n, à partir de l'analyse locale réalisée à l'étape précédente,

iv. pour chaque image F_n^{1L}, F_n^2 associée à une composante fréquentielle effectuer le calcul suivant :

$$F'_n(x,y) = P_n^{1L}(x,y) \cdot F_n^{1L}(x,y) + P_n^2(x,y) \cdot F_n^2(x,y)$$

v. effectuer une recombinaison de toutes les images F'_n associées chacune à une composante fréquentielle n de manière à obtenir une image fusionnée I_f de toutes les fréquences spatiales.

Selon l'invention, la fusion numérique de l'image de luminance I_{1L}, et de la seconde image I_2 se base sur une analyse fréquentielle et des contrastes des images comme le fait l'œil humain.

Dans une réalisation particulière du procédé, la décomposition en fréquences spatiales consiste à appliquer successivement un filtre de moyenne ou passe-bas à chacune de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2, selon la formule suivante :

$$F_n^{1L\text{ ou }2} = G_n = G_{n-1} * S$$

$$\text{où } G_1 = I_e * S$$

S désigne un filtre passe-bas

I_e désigne l'image d'entrée I_{1L} ou I_2

En pratique, l'image $F_n^{1L\text{ ou }2}$ contenant la fréquence la plus élevée est représenté par $F_1^{1L\text{ ou }2}$ et celle contenant la fréquence la plus faible est représentée par $F_h^{1L\text{ ou }2}$ où h représente le nombre d'opérations de convolution appliquées à l'image d'entrée I_e.

Egalement dans une réalisation pratique de l'invention, l'étape ii) consiste à calculer l'énergie selon la formulation suivante :

$$E_n^{1L\text{ ou }2}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{1L\text{ ou }2}\left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2}\right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

où k_x et k_y représentent les dimensions d'une fenêtre d'analyse.

Cette énergie est calculée comme une variance locale dans une fenêtre de dimension k_x x k_y.

Les images de pondération P_n^1, P_n^2 peuvent être obtenues de la manière suivante :

$$\mathrm{P_n^{1L}}(x,y) = \frac{\Delta \mathrm{E_n^{max}}(x,y) + \Delta \mathrm{E_n}(x,y)}{2 \cdot \Delta \mathrm{E_n^{max}}}$$

$$\mathrm{P_n^{2}}(x,y) = \frac{\Delta \mathrm{E_n^{max}}(x,y) - \Delta \mathrm{E_n}(x,y)}{2 \cdot \Delta \mathrm{E_n^{max}}}$$

Où : $\Delta \mathrm{E_n}(x,y) = \mathrm{E_n^{1L}}(x,y) - \mathrm{E_n^{2}}(x,y)$ et $\Delta \mathrm{E_n^{max}} = \max\big(\Delta \mathrm{E_n}(x,y)\big)$,

$\mathrm{P_n^{1\ ou\ 2}}(x,y) \epsilon [0,1]$

Les opérateurs de pondération ainsi définis permettent de favoriser l'information provenant de la première image du spectre visible ou de la seconde image infrarouge, en fonction de leur pertinence. Si l'énergie est équivalente dans les deux images $\mathrm{F_n^{1L}}$ et $\mathrm{F_n^{2}}$, l'opérateur de pondération représentera à part équivalent l'une et l'autre des images ce qui ne sera pas le cas si les énergies s'avèrent différentes.

Finalement, l'étape de recombinaison consiste à réaliser le calcul suivant :

$$I_f = \sum_{n=1}^{h} F'_n$$

où h représente le nombre de composantes fréquentielles.

Lorsque la couleur présente un aspect critique de discrimination/identification pour l'observateur, il peut être préférable de ne pas modifier la colorimétrie de l'image finale affichée dans un oculaire d'observation.

A cette fin, l'étape c) consiste ainsi, de préférence, à réaliser une décomposition de la première image $\mathrm{I_1}$ en une image de luminance $\mathrm{I_{1L}}$ et deux images de chrominance $\mathrm{I_{1C_b}}$, et $\mathrm{I_{1C_r}}$. L'étape e) consiste alors à recombiner ou resynchroniser l'image de fusion $\mathrm{I_f}$ avec les images de chrominance I_{1C_b}, et I_{1C_r}.

Dans une réalisation pratique, le premier capteur est apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 0,4 et 1,1 µm.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le second capteur est apte à couvrir un second domaine spectral appartenant à la gamme des longueurs d'onde infrarouge.

Le second capteur peut être apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 7,5 et 14 µm.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un organigramme des principales étapes de traitement effectuées avec le procédé selon l'invention ;
- la figure 2 est un organigramme des principales étapes de traitement effectuées sur lors de l'étape de fusion numérique.

On se réfère tout d'abord à la figure 1 qui représente le principe d'acquisition et de traitement d'images selon l'invention. Le procédé de traitement d'images selon l'invention est destiné à être mis en œuvre dans un dispositif comportant un boîtier logeant aux moins deux capteurs d'images aptes à couvrir des domaines spectraux différents.

A titre d'exemple, le boîtier comporte ainsi un premier capteur d'images couvrant un domaine spectral compris entre 0,4 et 1,1 µm situé dans le domaine visible, et un second capteur apte à couvrir un second d'images couvrant un domaine spectral compris entre 7,5 et 14 µm situé dans le domaine infra-rouge. Les deux capteurs sont agencés dans le boîtier de manière à être aptes à former des images d'une même zone d'espace.

Le procédé 10 selon l'invention consiste à acquérir une première image I_1 en 12 d'une zone donnée d'espace à l'aide du premier capteur et à acquérir une seconde image I_2 en 14 de la même zone d'espace à l'aide du second capteur.

Dans un premier temps, la seconde image I_2 subit un recalage sur la première image I_1 en 16. Ce choix résulte essentiellement des dimensions des capteurs utilisés. Généralement, les capteurs infra-rouge, tels que le second capteur, présentent une résolution plus faible que les capteurs du

domaine visible tels que le premier capteur. Par exemple, le premier capteur peut avoir une résolution d'image de 1280 par 1024 pixels sur 10 bits et le second capteur peut avoir une résolution d'image de 640 par 480 pixels sur 14 bits. Ainsi, le recalage consiste essentiellement à adapter la résolution de la seconde image obtenue avec le second capteur de manière à ce qu'elle corresponde à la résolution de la première image obtenue avec le premier capteur de manière à conserver intacte la résolution du premier capteur le mieux défini.

Cette étape de recalage consiste également à réaliser une déformation complète de l'image de manière à prendre en compte l'agrandissement à réaliser, la rotation, le décalage et les aberrations géométriques. Pour effectuer le recalage, il est possible d'utiliser des informations *a priori* telles que le positionnement quasi parallèles des axes optiques des systèmes optiques des premier et second capteurs. Il est de plus possible de faire l'hypothèse que les corrections à apporter à la seconde image I_2 sont minimes.

Dans une autre étape 18 qui peut être réalisée immédiatement après l'acquisition de la première image I_1, on réalise une décomposition de la première image I_1 en une image de luminance I_{1L} et deux images de chrominance I_{1C_b}, et I_{1C_r}. L'image I_1 étant une image de modèle (RGB), il s'agit de convertir cette image de modèle (RGB) en une image d'un modèle définissant un espace colorimétrique en trois composantes, à savoir, une composante de luminance et les deux composantes de chrominance. Les valeurs de chaque pixel varient entre 0 et 255 pour chaque canal R, G, et B.

Un exemple de modèle pouvant être utilisé est le modèle Y'CbCr. D'autres modèles peuvent être utilisés, comme par exemple le modèle Y'PbPr, le modèle Y'UV, le modèle TSL ou le modèle Lab. De façon générale, tout modèle permettant d'obtenir une composante de luminance et deux composantes de chrominance peut être utilisé.

On donne ici, à titre d'exemple non limitatif, des calculs permettant de réaliser une conversion d'une image de modèle (RGB) en une composante

de luminance I_1 et deux composantes de chrominance I_{1C_b}, et I_{1C_r} selon un modèle Y'CbCr.

Ainsi l'image I_1 est décomposée en :

- une image de luminance notée I_{1L} calculée selon la formule : $I_{1L} = 0{,}299\,R + 0{,}587\,G + 0{,}114\,B$,
- une image de chrominance I_{1C_b} calculée selon la formule : $I_{1C_b} = 0{,}1687\,R - 0{,}3313\,G + 0{,}5\,B + 128$,
- et une image de chrominance I_{1C_r} calculée selon la formule : $I_{1C_r} = 0{,}5\,R - 0{,}4187\,G - 0{,}0813\,B + 128$.

Pour les deux modèles (RGB) et Y'CbCr, les valeurs des pixels pour chaque canal varient ici entre 0 et 255.

Dans une étape subséquente 20, le procédé consiste à effectuer une adaptation de la dynamique de l'image I_{1L} avec la seconde image I_2. Comme cela a été évoqué précédemment, les première et seconde images ne sont pas acquises avec une même dynamique, 10 bits par exemple pour la première image et 14 bits pour la seconde image. Il est donc important de ramener les première et seconde images sur une même échelle qui permette d'obtenir des informations sur chacune des première et seconde images pouvant être comparées. En pratique, l'adaptation de la dynamique permet d'adapter la dynamique des images de luminance I_{1L} et des deux images de chrominance I_{1C_b}, I_{1C_r} avec la seconde image I_2.

Dans une étape ultérieure 22, on réalise la fusion de l'image de luminance I_{1C_b} avec la seconde image I_2, ce qui permet d'obtenir l'image I_f.

Enfin, dans une ou deux dernières étapes 24 on ajoute une information de couleur à l'image de fusion I_f de manière à obtenir en 30 une image finale fusionnée comportant une information de couleur.

L'étape de fusion 22 proprement dite sera maintenant décrite en détails en référence à la figure 2.

Pour pouvoir appréhender le contenu de chacune des images de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 de manière locale, c'est-à-dire au

niveau du pixel analysé, on effectue une décomposition en fréquence spatiales. Ainsi, la décomposition en fréquences spatiales est effectuée pour l'image de luminance I_{1L}, et la seconde image I_2. Il est ici fait référence aux images I_{1L} et I_2 qui sont les images obtenues après recalage et adaptation de la dynamique.

De manière générale, pour obtenir la première fréquence spatiale F1 (la fréquence la plus élevée), on filtre tout d'abord l'image par convolution avec un filtre K de moyenne ou « passe-bas » qui peut prendre la forme d'une simple moyenne locale dans une fenêtre de m par m pixels, soit la forme d'une gaussienne qui pondère alors les pixels de cette même fenêtre de calcul par des coefficients décrivant une gaussienne. On obtient ainsi une image G_1 « filtrée » sous-entendu « filtrée passe-bas » :

$$G_1 = I_e * S$$

Cette image filtrée est soustraite de l'image d'origine. On obtient alors une image F1 ne contenant que des hautes fréquences :

$$F_1 = I_e - G_1 = I_e - (I_e * S)$$

La seconde fréquence spatiale F_2 est obtenue en reproduisant le schéma précédent mais en utilisant comme image d'entrée, l'image filtrée précédente F_1. Cette image filtrée est donc de nouveau filtrée avec le même filtre passe-bas que précédemment et on obtient par différence une image F_2 :

$$F_2 = G_1 - G_2 = G_1 - (G_1 * S)$$

Par récurrence, on obtient

$$G_{n+1} = (G_n * S) \quad \text{et} \quad F_{n+1} = G_n - (G_n * S)$$

La dernière fréquence h sera représentée par la dernière convolution et représentera également le niveau moyen local de l'image :

$$F_h = G_h = G_{h-1} * S$$

Ainsi, on notera $F_n^{1L} = G_{n-1} * S$ avec $G_1 = I_{1L} * S$ et $F_n^2 = G_{n-1} * S$ avec $G_1 = I_2 * S$.

Dans une seconde étape de traitement, on effectue un calcul d'énergie dans au moins certaines zones des images de chacune des

composantes fréquentielles F_n^{1L} et F_n^2. On choisit ici d'effectuer une analyse compatible avec un traitement temps réel permettant une restitution instantanée d'une information à un observateur. Pour cela, on effectue une analyse par comparaison des énergies de chacune des images F_n^{1L} et F_n^2. Cette analyse consiste à calculer la variance locale dans une fenêtre de dimensions kx × ky centrée sur le pixel analysé ce qui donne :

$$E_n^{1L}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{1L}\left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2}\right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

et,

$$E_n^{2}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{2}\left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2}\right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

Dans une étape ultérieure, le procédé consiste à calculer une image de pondération P_n^{1L}, P_n^2, pour chacune des images F_n^{1L}, F_n^2 associées à une composante fréquentielle n, à partir de l'analyse locale d'énergie réalisée à l'étape précédente. Pour cela, on réalise la différence de ces énergies :

$$\Delta E_n(x,y) = E_n^{BNL}(x,y) - E_n^{IR}(x,y)$$

Puis, on en calcule le maximum :

$$\Delta E_n^{max} = \max\left(\Delta E_n(x,y)\right)$$

On calcule ensuite une image de pondération pour chaque composante fréquentielle, ces pondérations étant telles que :

$$P_n^{1L}(x,y) = \frac{\Delta E_n^{max} + \Delta E_n(x,y)}{2 \cdot \Delta E_n^{max}}$$

$$P_n^{2}(x,y) = \frac{\Delta E_n^{max} - \Delta E_n(x,y)}{2 \cdot \Delta E_n^{max}}$$

avec $P_n(x,y) \in [0,1]$

Les images de pondération pour chaque fréquence spatiale $P_n^{1L}(x,y)$ et $P_n^2(x,y)$ sont ensuite appliquées aux images respectives F_n^{1L} et F_n^2 et enfin sommé selon la formule suivante :

$$F'_n(x,y) = P_n^{1L}(x,y) \cdot F_n^{1L}(x,y) + P_n^2(x,y) \cdot F_n^2(x,y)$$

L'image synthétique $F'_n(x,y)$ pour la fréquence spatiale n se rapproche ainsi, du fait de la pondération appliquée, de l'image F_n^{1L} ou F_n^2 qui contient le plus d'information.

La recomposition des fréquences spatiales est le processus inverse de l'étape 1. On commence donc par la fréquence h la plus basse, c'est-à-dire la dernière issue de la décomposition décrite précédemment, ce qui donne :

$$G'_h = F'_h$$

Puis on recompose avec les fréquences spatiales précédentes :

$$G'_{h-1} = F'_{h-1} + G'_h$$

Si I_f est le résultat de la recombinaison alors :

$$I_f = G_0 = \sum_{n=1}^{h} F'_n$$

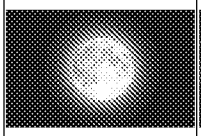
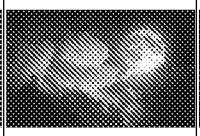
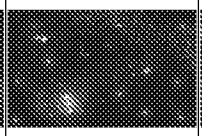
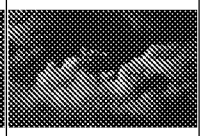
où h représente le nombre de composantes fréquentielles.

Après l'obtention de l'image de fusion I_f, le procédé consiste à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f.

Ainsi, le procédé consiste à d'utiliser la couleur du premier capteur. Pour cela l'ajout de l'information de couleur s'effectue en sommant ou resynchronisant l'image de fusion I_f avec les images de chrominance I_{1C_b}, et I_{1C_r} dont les dynamiques ont été adaptées comme évoqués précédemment.

En pratique, on comprend que ce type d'ajout d'information couleur s'avéra de moins en moins pertinent au fur et à mesure que le niveau de luminosité de la zone observé diminue. En effet, l'information de couleur provenant des images de chrominance sera au fur et à mesure de plus en plus réduite.

Il est rappelé que les niveaux de nuit sont depuis longtemps standardisés selon le tableau suivant qui est rappelé à titre informatif et est bien connu de l'état de la technique.

Niveau de Nuit	1	2	3	4	5
Source de Lumière					
	Pleine lune	Demi-lune	Lune partielle	Ciel clair étoilé	Ciel couvert
Valeurs (mlux)	1000 ⇔ 40	40 ⇔ 10	10 ⇔ 2	2 ⇔ 0.7	0.7 ⇔ 0

Les unités indiquées dans le tableau ci-dessus sont en lux qui est unité dérivé du système international, tel que 1 lux=1 $cd \cdot sr \cdot m^{-2}$. Ce tableau indique les valeurs de niveau de nuit en fonction de l'éclairement lumineux, un type de ciel étant associé à chaque niveau de nuit.

REVENDICATIONS

1. Procédé (10) de traitement d'images à l'aide d'un dispositif comprenant au moins un boîtier comprenant au moins un premier capteur d'images apte à couvrir un premier domaine spectral et au moins un second capteur d'images apte à couvrir un second domaine spectral, différent du premier domaine spectral, les premier et second capteurs étant aptes à former des images d'une même zone d'espace, le premier capteur étant apte à couvrir un domaine spectral appartenant à la gamme des longueurs d'onde du spectre visible le procédé consistant à :

a) acquérir (12) une première image I_1 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du premier capteur d'images,

b) acquérir (14) une seconde image I_2 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du second capteur d'images,

c) réaliser une décomposition de la première image I_1 de manière à obtenir au moins une image de luminance I_{1L},

d) à obtenir une image I_f résultant de la fusion numérique (22) de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2,

e) à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste, préalablement à l'étape c), à réaliser une adaptation (16) des dimensions de celle de la première image I_1 et de la seconde image I_2 présentant la plus faible résolution aux dimensions de l'autre de la première image et de la seconde image.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste, préalablement à l'étape c), à faire correspondre la dynamique (20) de la première image I_1 avec la dynamique de la seconde image I_2.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fusion numérique comporte une étape de réalisation de décompositions

en fréquences spatiales successives n de l'image de luminance I_{1L}, et de la seconde image I_2

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la fusion numérique consiste à :

i. réaliser des décompositions, notées respectivement F_n^{1L} et F_n^2, en fréquences spatiales successives n de l'image de luminance I_{1L}, et de la seconde image I_2,

ii. effectuer un calcul d'énergie dans au moins certaines zones des images F_n^{1L}, F_n^2 chacune associée à une composante fréquentielle n,

iii. calculer une image de pondération P_n^{1L}, P_n^2, pour chacune des images F_n^{1L}, F_n^2 associées à une composante fréquentielle n, à partir de l'analyse locale réalisée à l'étape précédente,

iv. pour chaque image F_n^{1L}, F_n^2 associée à une composante fréquentielle effectuer le calcul suivant :

$$\mathrm{F'_n}(x,y) = \mathrm{P_n^{1L}}(x,y) \cdot \mathrm{F_n^{1L}}(x,y) + \mathrm{P_n^2}(x,y) \cdot \mathrm{F_n^2}(x,y)$$

v. effectuer une recombinaison de toutes les images $\mathrm{F'_n}$ associées chacune à une composante fréquentielle n de manière à obtenir une image fusionnée $\mathrm{I_f}$ de toutes les fréquences spatiales.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que la décomposition en fréquences spatiales consiste à appliquer successivement un filtre de moyenne ou passe-bas à chacune de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2, selon la formule suivante :

$$\mathrm{F_n^{1L\ ou\ 2}} = \mathrm{G_n} = \mathrm{G_{n-1}} * \mathrm{S}$$

$$\text{où } \mathrm{G_1} = \mathrm{I_e} * \mathrm{S}$$

S désigne un filtre passe-bas

$\mathrm{I_e}$ désigne l'image d'entrée I_{1L} ou $\mathrm{I_2}$

7. Procédé selon la revendication 5 ou les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'étape ii) consiste à calculer l'énergie selon la formulation suivante :

$$\mathrm{E_n^{1L\ ou\ 2}}(x,y) = \mathrm{Var}\left(\mathrm{F_n^{1L\ ou\ 2}}\left(\left[\mathrm{x}-\frac{\mathrm{k_x}}{2},\mathrm{x}+\frac{\mathrm{k_x}}{2}\right],\left[\mathrm{y}-\frac{\mathrm{k_y}}{2},\mathrm{y}+\frac{\mathrm{k_y}}{2}\right]\right)\right)$$

où $\mathrm{k_x}$ et $\mathrm{k_y}$ représentent les dimensions d'une fenêtre d'analyse.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les images de pondération P_n^1, P_n^2 sont obtenues de la manière suivante :

$$\mathrm{P_n^{1L}}(x,y) = \frac{\Delta\mathrm{E_n^{max}}(x,y) + \Delta\mathrm{E_n}(x,y)}{2\cdot\Delta\mathrm{E_n^{max}}}$$

$$\mathrm{P_n^{2}}(x,y) = \frac{\Delta\mathrm{E_n^{max}}(x,y) - \Delta\mathrm{E_n}(x,y)}{2\cdot\Delta\mathrm{E_n^{max}}}$$

Où : $\Delta\mathrm{E_n}(x,y) = \mathrm{E_n^{1L}}(x,y) - \mathrm{E_n^{2}}(x,y)$ et $\Delta\mathrm{E_n^{max}} = \max\left(\Delta\mathrm{E_n}(x,y)\right)$

9. Procédé selon l'une des revendications 5 à 8 et la revendication 5, caractérisé en ce que l'étape de recombinaison consiste à réaliser le calcul suivant :

$$I_f = \sum_{n=1}^{h} F'_n$$

où h représente le nombre de composantes fréquentielles.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape c) consiste à réaliser une décomposition de la première image I_1 en une image de luminance I_{1L} et deux images de chrominance I_{1C_b}, et I_{1C_r}.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'étape e) consiste à sommer l'image de fusion $\mathrm{I_f}$ avec les images de chrominance I_{1C_b}, et I_{1C_r}.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier capteur est apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 0,4 et 1,1 µm.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le second capteur est apte à couvrir un second domaine spectral appartenant à la gamme des longueurs d'onde infrarouge.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le second capteur est apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 7,5 et 14 µm.

5

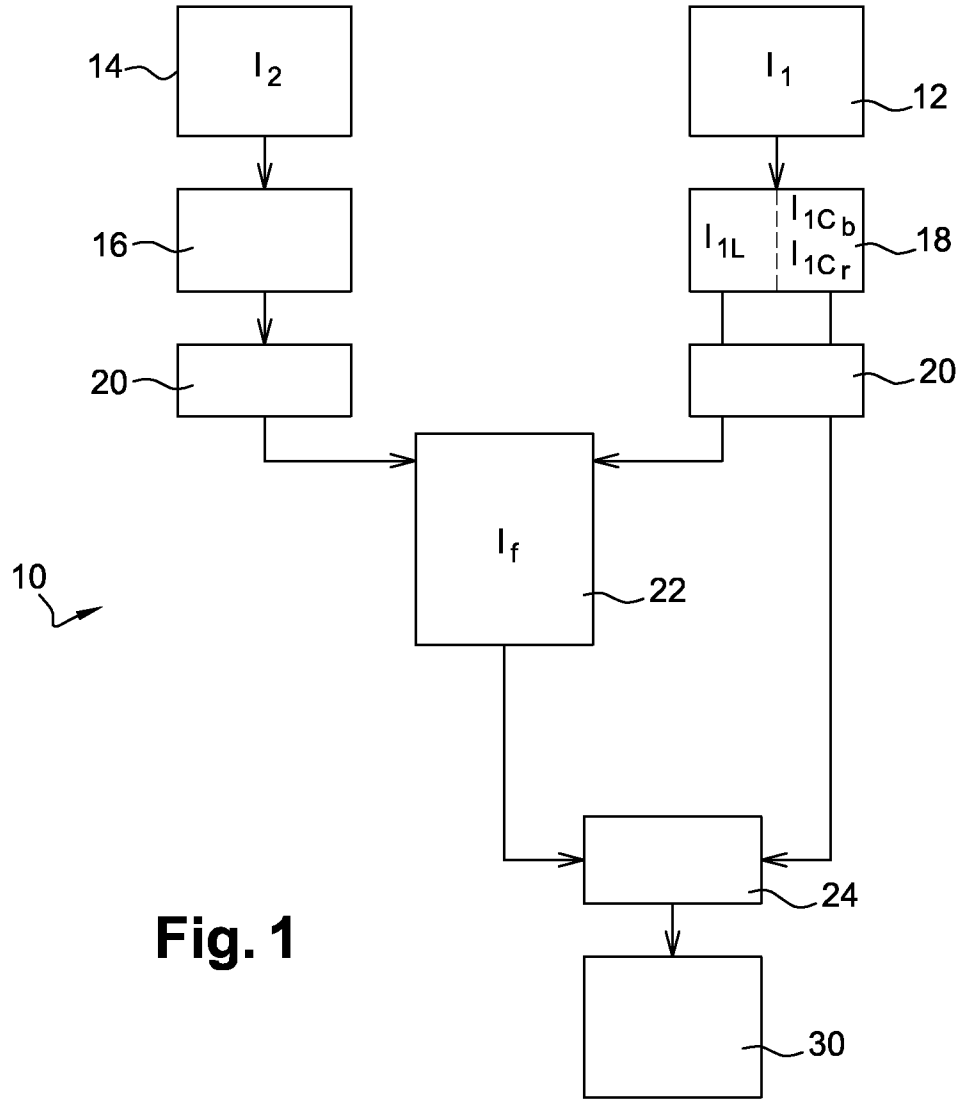


Fig. 1

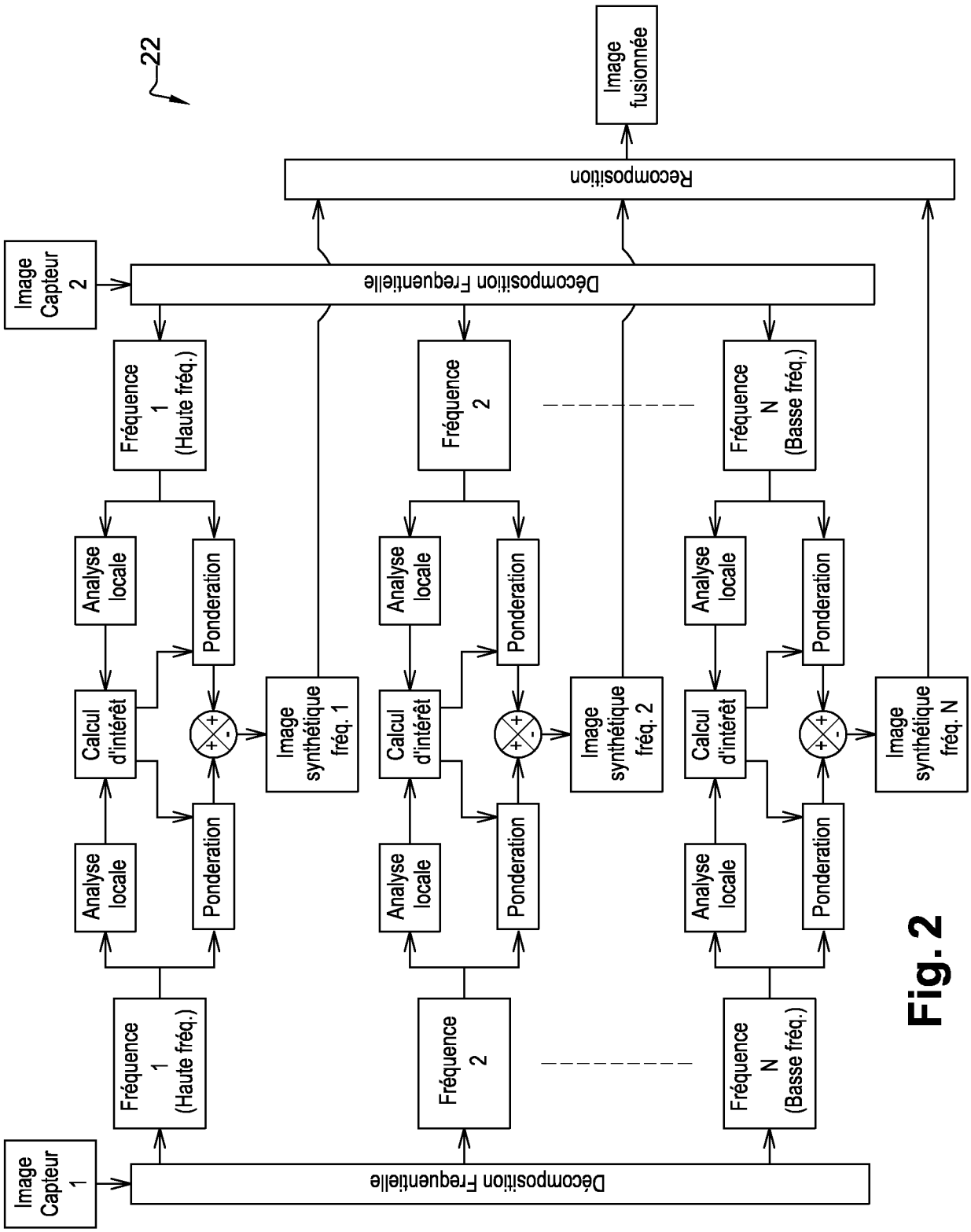

22
Image fusionnée
Recomposition
Image Capteur 2
Décomposition Fréquentielle
Fréquence 1 (Haute fréq.)
Fréquence 2
Fréquence N (Basse fréq.)
Analyse locale
Ponderation
Calcul d'intérêt
Image synthétique fréq. 1
Image synthétique fréq. 2
Image synthétique fréq. N
Image Capteur 1
Décomposition Fréquentielle

Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T5/50
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CATALAN R G ET AL: "Fusion of Multispectral and Panchromatic Images Using Improved IHS and PCA Mergers Based on Wavelet Decomposition", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 42, no. 6, 1 June 2004 (2004-06-01), pages 1291-1299, XP011113847, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2004.825593 abstract figure 1 Sections II and III ----- -/--	1-13

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 May 2017	08/06/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Leclercq, Philippe

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Oguz Gungor ET AL: "A STATISTICAL APPROACH TO MULTIRESOLUTION IMAGE FUSION", , 23 October 2005 (2005-10-23), XP055321793, Retrieved from the Internet: URL:https://engineering.purdue.edu/~jshan/publications/2005/Pecora_2005_Fusion.pdf [retrieved on 2016-11-22] abstract Section Fusion Principle	1,6,7
X	Firouz Abdullah Al-Wassai ET AL: "The Statistical methods of Pixel-Based Image Fusion Techniques", , 1 August 2011 (2011-08-01), XP055321860, Retrieved from the Internet: URL:https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1108/1108.3250.pdf [retrieved on 2016-11-22] abstract Section II	1,6,7
A	GHASSEMIAN H: "Multi-sensor image fusion using multirate filter banks", PROCEEDINGS 2001 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING. ICIP 2001 - THESSALONIKI, GREECE, OCT. 7 - 10, 2001; [INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING], INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, NEW YORK, NY, vol. 1, 7 October 2001 (2001-10-07), pages 846-849, XP010564992, DOI: 10.1109/ICIP.2001.959178 ISBN: 978-0-7803-6725-8 the whole document	1-13
A	US 2009/169102 A1 (ZHANG CHAO [US] ET AL) 2 July 2009 (2009-07-02) the whole document	1-13
A	YAN-MEI CHAI ET AL: "Self-adaptive image fusion based on multi-resolution decomposition using wavelet packet analysis", MACHINE LEARNING AND CYBERNETICS, 2004. PROCEEDINGS OF 2004 INTERNATIO NAL CONFERENCE ON SHANGHAI, CHINA AUG. 26-29, 204, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 7, 26 August 2004 (2004-08-26), pages 4049-4053, XP010763158, DOI: 10.1109/ICMLC.2004.1384547 ISBN: 978-0-7803-8403-3 the whole document	1-13

1 -/--

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ARASH GOLIBAGH MAHYARI ET AL: "Panchromatic and Multispectral Image Fusion Based on Maximization of Both Spectral and Spatial Similarities", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 49, no. 6, 1 June 2011 (2011-06-01), pages 1976-1985, XP011323301, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2010.2103944 the whole document -----	1-13

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2017/050566

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009169102 A1	02-07-2009	US 2009169102 A1	02-07-2009
		US 2014064636 A1	06-03-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2017/050566

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G06T5/50
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CATALAN R G ET AL: "Fusion of Multispectral and Panchromatic Images Using Improved IHS and PCA Mergers Based on Wavelet Decomposition", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 42, no. 6, 1 juin 2004 (2004-06-01), pages 1291-1299, XP011113847, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2004.825593 abrégé figure 1 Sections II and III ----- -/--	1-13

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
29 mai 2017	08/06/2017

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Leclercq, Philippe

1

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	Oguz Gungor ET AL: "A STATISTICAL APPROACH TO MULTIRESOLUTION IMAGE FUSION", , 23 octobre 2005 (2005-10-23), XP055321793, Extrait de l'Internet: URL:https://engineering.purdue.edu/~jshan/publications/2005/Pecora_2005_Fusion.pdf [extrait le 2016-11-22] abrégé Section Fusion Principle	1,6,7
X	Firouz Abdullah Al-Wassai ET AL: "The Statistical methods of Pixel-Based Image Fusion Techniques", , 1 août 2011 (2011-08-01), XP055321860, Extrait de l'Internet: URL:https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1108/1108.3250.pdf [extrait le 2016-11-22] abrégé Section II	1,6,7
A	GHASSEMIAN H: "Multi-sensor image fusion using multirate filter banks", PROCEEDINGS 2001 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING. ICIP 2001 - THESSALONIKI, GREECE, OCT. 7 - 10, 2001; [INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING], INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, NEW YORK, NY, vol. 1, 7 octobre 2001 (2001-10-07), pages 846-849, XP010564992, DOI: 10.1109/ICIP.2001.959178 ISBN: 978-0-7803-6725-8 le document en entier	1-13
A	US 2009/169102 A1 (ZHANG CHAO [US] ET AL) 2 juillet 2009 (2009-07-02) le document en entier	1-13
A	YAN-MEI CHAI ET AL: "Self-adaptive image fusion based on multi-resolution decomposition using wavelet packet analysis", MACHINE LEARNING AND CYBERNETICS, 2004. PROCEEDINGS OF 2004 INTERNATIO NAL CONFERENCE ON SHANGHAI, CHINA AUG. 26-29, 204, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 7, 26 août 2004 (2004-08-26), pages 4049-4053, XP010763158, DOI: 10.1109/ICMLC.2004.1384547 ISBN: 978-0-7803-8403-3 le document en entier	1-13

-/--

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	ARASH GOLIBAGH MAHYARI ET AL: "Panchromatic and Multispectral Image Fusion Based on Maximization of Both Spectral and Spatial Similarities", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 49, no. 6, 1 juin 2011 (2011-06-01), pages 1976-1985, XP011323301, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2010.2103944 le document en entier -----	1-13

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2017/050566

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009169102 A1	02-07-2009	US 2009169102 A1	02-07-2009
		US 2014064636 A1	06-03-2014