



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 029**

51 Int. Cl.:
H04N 5/217 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07872224 .6**

96 Fecha de presentación : **08.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2062432**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.05.2009**

54 Título: **Sistema y método de compensación adaptativa de no uniformidad para una matriz de plano focal.**

30 Prioridad: **29.08.2006 US 468137**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.05.2011

73 Titular/es: **RAYTHEON COMPANY**
870 Winter Street
Waltham, Massachusetts 02451, US

72 Inventor/es: **Kilgore, Patrick M.**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 359 029 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN**CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a la detección de imágenes y, más particularmente, a una compensación adaptativa de no uniformidad para una matriz de plano focal, para reducir el ruido de patrón fijo presente en un sensor de imágenes.

ANTECEDENTES

Las matrices de plano focal (FPAs) se usan en varias aplicaciones para capturar imágenes para su procesamiento subsiguiente. Por ejemplo, misiles de ataque de alta precisión (Precisión Attack Missile, PAMs) con sistema de lanzamiento sin de línea de visión directa (Non-Line Of Sight Launch System, NLOS-LS) han empleado sensores de infrarrojos no refrigerados (Uncooled Infrared, UCIR) con una matriz de plano focal para capturar imágenes infrarrojas para su uso en el seguimiento de blancos. La matriz de plano focal tiene una matriz de elementos detectores de infrarrojos, dispuestos en una matriz de filas y columnas, que proporciona una matriz de plano focal de n filas por m columnas. Un sensor UCIR ejemplar puede tener una matriz de plano focal de 640 x 480 detectores. La salida de cada detector puede denominarse como pixel.

Cada detector puede tener una sensibilidad a la radiación infrarroja ligeramente diferente a la de los otros detectores. Por ejemplo, la salida de algunos píxeles puede ser demasiado brillante o demasiado oscura para una cantidad determinada de radiación incidente. Esta sensibilidad no uniforme genera un ruido de patrón fijo (FPN). El propio ruido de patrón fijo puede manifestarse en la imagen de salida del sensor, dando como resultado una respuesta no uniforme a lo largo de la imagen. De esta manera, el ruido de patrón fijo conduce a una degradación en el reconocimiento, adquisición y seguimiento de blancos.

Se han realizado algunos intentos para compensar el ruido de patrón fijo usando una aproximación rudimentaria a una compensación de la no uniformidad (NUC). Esta aproximación usa un algoritmo simplista que ajusta cada pixel con un valor de compensación. Los valores de compensación son generados mediante la determinación de una cantidad de cambio necesaria para colocar cada pixel en un nivel medio de grises en respuesta a una entrada determinada. En la práctica, los valores de compensación se calculan en respuesta a una imagen de entrada uniforme en la matriz de plano focal (por ejemplo, una imagen "suave" ("bland") y "emborronada" ("smeared") generada desenfocando las ópticas de formación de imágenes). Una vez generados los valores de compensación, el sistema muestra las imágenes en una manera normal, mientras aplica los valores de compensación a las salidas de cada pixel. Aunque simple, este enfoque causa sesgos innecesarios en el nivel global de la imagen y, potencialmente, crea artefactos (por ejemplo, un quemado con imagen residual de la escena de entrada que se usó durante la creación de los valores de compensación). También, esta técnica no aborda los píxeles que son defectuosos.

Los ejemplos relevantes de la técnica anterior de la compensación adaptativa de la no uniformidad para matrices de plano focal, usando imágenes de referencia ópticamente desenfoadas o movidas, pueden encontrarse en EP-B-0 909 428, WO 00/79782 A, WO 00/23814 A y WO 01/28233 A.

RESUMEN DE LA INVENCION

En vista de los temas indicados anteriormente en relación al ruido de patrón fijo y las técnicas de corrección insuficientes para el ruido de patrón fijo, hay una necesidad en la técnica de un sistema y un procedimiento para una compensación adaptativa de la no uniformidad para una matriz de plano focal, para mejorar las imágenes de un sensor.

Las características de la presente invención serán evidentes con referencia a la descripción y a los dibujos adjuntos siguientes. En la descripción y en los dibujos, se divulgan, en detalle, realizaciones particulares de la invención, como indicadores de algunas de las maneras en las que pueden emplearse los principios de la invención, pero se entiende que la invención no está limitada correspondientemente en su alcance. Por el contrario, la invención incluye todos los cambios, las modificaciones y los equivalentes dentro de los términos de las reivindicaciones adjuntas.

Las características que se describen y/o ilustran con respecto a una realización pueden ser usadas en la misma manera o en una manera similar en una o más de las otras realizaciones y/o en combinación con o en lugar de las características de las otras realizaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es un diagrama esquemático simplificado de un sistema de seguimiento que incluye un sensor de imágenes y un conjunto procesador de video que realiza una compensación adaptativa de la no uniformidad sobre una señal de imagen, según los aspectos de la presente invención;

La FIG. 2 es una representación de un misil que incluye el sistema de seguimiento de la FIG. 1;

La FIG. 3 es un diagrama de flujo funcional, de alto nivel, del funcionamiento de la compensación adaptativa de la no uniformidad;

5 La FIG. 4 es un diagrama de flujo funcional, detallado, del funcionamiento de la compensación adaptativa de la no uniformidad;

Las FIGs. 5A y 5B son representaciones de una imagen ejemplar, con filas y columnas borde añadidas, usada durante el cálculo del valor de la mediana;

Las FIGs. 6A a 6D son representaciones de una sección de una imagen en varias etapas del reemplazo de píxeles defectuosos; y

10 Las FIGs. 7A y 7B son representaciones de una imagen ejemplar en varias etapas del filtrado espacial.

DESCRIPCIÓN

A. Visión general del sistema

15 A continuación, se describirán las realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos, en los que los números de referencia similares se usan para hacer referencia a elementos similares. Se entenderá que las figuras no están necesariamente a escala.

En el presente documento, la invención se describe principalmente en el contexto de un sistema sensor para un misil. Se apreciará que la invención no pretende limitarse a un misil y que el sistema sensor puede ser usado en cualquier entorno en el que se desee una mejora en la salida de una matriz de plano focal.

20 La FIG. 1 es un diagrama esquemático simplificado de un sistema 10 de seguimiento de un misil. En general, el sistema 10 de seguimiento incluye un sensor 12 que produce una señal de imagen correspondiente a una escena infrarroja. El sensor 12 puede incluir una óptica 14 que capta la energía infrarroja incidente desde la escena y enfoca la radiación en una matriz 16 de plano focal (FPA). La matriz 16 de plano focal produce una imagen infrarroja de la escena objeto de seguimiento. El sensor 12 puede ser, por ejemplo, una matriz de plano focal infrarrojo no refrigerada (UCIR) que forma parte de un núcleo 18 de una cámara del sensor 12. La matriz 16 de plano focal puede tener una disposición de elementos detectores. Los elementos detectores pueden estar dispuestos en una matriz de filas y columnas, conformando una matriz de plano focal de n filas por m columnas. En una realización, la matriz 16 de plano focal puede tener una matriz de 640 x 480 detectores.

25 El núcleo 18 de la cámara puede incluir también un convertidor 20 analógico-a-digital (A/D) que convierte una salida analógica de cada elemento detector a un valor digital. Por lo tanto, cada detector produce un pixel en una imagen infrarroja compuesta. Cada pixel tiene un valor que indica el brillo o la intensidad de la radiación incidente. La agregación de los píxeles es una señal de imagen que tiene datos de imagen que corresponden a la escena. La imagen puede ser actualizada a una velocidad de fotogramas deseada para generar un video infrarrojo de la escena.

30 El núcleo 18 de la cámara puede incluir una memoria 22 no volátil para almacenar información acerca de la matriz 16 de plano focal. Por ejemplo, la identificación de píxeles "muertos por defecto de fábrica" (descritos en mayor detalle, más adelante) puede ser almacenada por la memoria 22.

35 La salida de señal de imagen por el núcleo 18 de la cámara es pasada a un conjunto 24 procesador de video (VPA). El conjunto 24 procesador de video puede, según los aspectos de la invención, procesar la señal de imagen usando una técnica de compensación adaptativa de la no uniformidad (ADNUC), para generar y sacar una señal de imagen corregida, en la que el ruido de patrón fijo (FPN), introducido por las características de respuesta no uniforme de los elementos detectores de la matriz 16 de plano focal, ha sido reducido. El conjunto 24 procesador de video puede incluir un circuito 26 procesador para llevar a cabo las funciones de compensación adaptativa de la no uniformidad. El circuito 26 procesador puede incluir cualquier conjunto circuito apropiado, tal como un procesador de propósito general para ejecutar instrucciones lógicas, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una matriz lógica programable o una disposición de componentes de circuitos dedicados. En una realización preferente, las funciones de compensación adaptativa de la no uniformidad están incluidas como microcódigo (firmware), cuyas operaciones son realizadas por el circuito 26 procesador. El conjunto 24 procesador de video pueden incluir una memoria 28, tal como una memoria temporal o memoria flash, para almacenar los datos, como parte de la funcionalidad de la compensación adaptativa de la no uniformidad.

40 Con referencia adicional a la FIG. 2, se muestra un misil 32 en el que puede incorporarse el sistema 10 de seguimiento. El misil 32, que podría ser un misil de ataque de precisión (PAM) con sistema

de lanzamiento sin línea de visión directa (NLOS-LS) o cualquier otro tipo de misil, se ilustra como un entorno ejemplar, en el que los aspectos de la invención tienen aplicación.

Las funciones de compensación adaptativa de la no uniformidad pueden ajustar cada pixel para compensar la diferente sensibilidad de cada detector en la matriz 16 de plano focal. La señal de imagen corregida resultante puede ser pasada a un conjunto 30 de guiado y seguimiento de blancos, que emplea la señal de imagen de salida corregida para propósitos de reconocimiento, adquisición y seguimiento de blancos, en base al cual puede fabricarse el guiado 32 del misil.

B. Descripción de alto nivel de la ADNUC

La compensación adaptativa de la no uniformidad (ADNUC) aplicada a la señal de imagen por el conjunto 24 procesador de video, ajusta cada pixel para compensar el ruido de patrón fijo, añadiendo a cada pixel una única corrección de desplazamiento, basada en una escena. El ajuste a cada pixel puede realizarse aplicando un término de corrección de compensación, actualizado dinámicamente, que corresponde al pixel en cuestión. Además, el conjunto 24 procesador de video puede declarar como "defectuosos" los píxeles cuya respuesta no puede ser corregida y puede reemplazar los píxeles defectuosos con un valor estimado en base a los píxeles circundantes. La salida del conjunto procesador de video es una señal de imagen corregida que puede ser usada por el conjunto 30 de guiado y seguimiento de blancos. Por ejemplo, la señal de imagen corregida puede ser procesada por un algoritmo de adquisición autónoma de blancos (Adaptive Target Acquisition, ATA) y un algoritmo de seguimiento.

Con referencia adicional a la FIG. 3, se muestra un diagrama de flujo funcional, de alto nivel, del funcionamiento de la compensación adaptativa de la no uniformidad, llevada a cabo por el conjunto 24 procesador de video. Puede considerarse que el diagrama de flujo de la FIG. 3 describe las etapas en un procedimiento. El procedimiento puede incluir establecer y actualizar los términos de corrección de compensación de la compensación adaptativa de la no uniformidad, usando una técnica de filtrado recursivo, y aplicar esos términos de corrección a los píxeles de la señal de imagen para generar la señal de salida corregida. El procedimiento pretende evitar la producción de artefactos en la señal de salida corregida, eliminando, al mismo tiempo, el ruido de patrón fijo.

Para reducir la ocurrencia del ruido de patrón fijo en la señal de imagen corregida con una mínima cantidad de artefactos, el procedimiento usa dos fotogramas secuenciales en cada momento para diferenciar entre el ruido de patrón fijo y la entrada de la escena. Es deseable que el registro de la escena en la matriz de plano focal sea diferente para los dos fotogramas bajo consideración. Las diferencias en el registro de las escenas pueden conseguirse controlando la orientación del sensor 12 durante el procesamiento de la compensación adaptativa de la no uniformidad (por ejemplo, durante el establecimiento y la actualización de los términos de corrección de compensación). En una realización, el sensor 12 está montado en un cardán 34 (FIG. 1) que controla la posición del sensor 12. El cardán 34, y los miembros de control asociados y el controlador (no mostrados), controlan el movimiento del cardán del sensor 12 para cambiar ligeramente la percepción de la escena por el sensor 12, de fotograma a fotograma. El cardán 34 puede fijar también la orientación del sensor 12 para otras tareas de imagen del sistema 10 de seguimiento.

Con referencia a los bloques de la FIG. 3, en el bloque 36, para cada pixel, se aplica un término de corrección actual correspondiente al pixel. A continuación, en el bloque 38, los píxeles defectuosos son reemplazados. En este punto, la compensación ha sido aplicada a cada pixel de la imagen y el fotograma puede ser sacado al conjunto 30 de guiado y seguimiento de blancos, para su procesamiento, tal como una adquisición autónoma de blancos y/o un seguimiento en lazo abierto/cerrado. Además, la imagen sacada es procesada para completar un ciclo recursivo de actualización de los términos de corrección para la imagen siguiente. La actualización de los términos de corrección implica aplicar filtros espaciales a la imagen y comparar la imagen filtrada con la imagen filtrada previamente, para actualizar los términos de corrección para la siguiente imagen. De esta manera, el ruido de patrón fijo puede ser reducido recursivamente o eliminado completamente.

Tal como se describirá en mayor detalle en la descripción siguiente, los píxeles defectuosos pueden incluir píxeles muertos por defecto de fábrica y píxeles muertos dinámicamente. Las identidades de los píxeles defectuosos pueden ser almacenadas en una base de datos, denominada mapa de píxeles. Los píxeles muertos por defecto de fábrica pueden ser identificados por el fabricante de la matriz de plano focal y la identidad de los píxeles muertos por defecto de fábrica puede ser almacenada en la memoria 16 del núcleo 18 de la cámara. En una realización, los píxeles muertos por defecto de fábrica son etiquetados con un valor de cero en la salida de señal de imagen, por el núcleo 18 de la cámara. Los píxeles muertos dinámicamente pueden incluir píxeles vagos ("drifters") e intermitentes ("blinkers"), que se describirán en mayor detalle, más adelante. Los píxeles muertos dinámicamente pueden ser detectados por el conjunto 24 de procesamiento de video. Los valores de pixel para los píxeles defectuosos pueden ser reemplazados en el bloque 38.

El reemplazo de los píxeles defectuosos puede ocurrir como un precursor a la aplicación de filtros espaciales en el bloque 40. En el bloque 40, la imagen (corregida en el bloque 36) pasa a través de

una serie de filtros. Los filtros pueden incluir un filtro de mediana de tres píxeles por tres píxeles ("3x3") para eliminar el ruido de la imagen. El filtro de mediana puede ser usado para realizar la función de reemplazar los píxeles defectuosos. De esta manera, el primer filtro del bloque 40 y el reemplazo de los píxeles defectuosos del bloque 38 pueden ser combinados. A continuación, puede aplicarse un filtro anti-media 3x3 para calcular una diferencia entre los valores promedio de los píxeles que rodean el pixel que está siendo procesado y el valor del pixel que está siendo procesado.

Por lo tanto, en el bloque 42, la salida de imagen filtrada por el bloque 40 puede ser comparada con la imagen filtrada del fotograma previo, con el fin de actualizar los términos de corrección para la siguiente imagen. En particular, la función de comparación es realizada sobre los valores anti-media para la imagen actual versus los valores anti-media de la imagen previa. La salida de la comparación es aplicada en el bloque 36 como los términos de corrección para la imagen siguiente.

C. Funcionamiento detallado de la ADNUC

Esta sección describe una manera ejemplar en la que la compensación adaptativa de la no uniformidad, según los aspectos de la invención, puede ser llevada a cabo. Las modificaciones a esta manera de implementación, que están dentro del alcance de la invención, tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas, serán evidentes para una persona con conocimientos ordinarios en la materia.

En una realización, el procesamiento de la imagen puede ser realizado mediante el firmware residente en el conjunto 24 procesador de video, sobre los datos de pixel de 16 bits. La salida del A/D 20 del núcleo 18 de la cámara puede ser una salida de 14 bits. Los datos de 14 bits son introducidos al conjunto 24 procesador de video y desplazados dos bits a la izquierda (multiplicados por un valor decimal de 4). Los dos bits menos significativos de la palabra de 16 bits resultante se fijan a un valor binario de 10. El desplazamiento de bits permite que las operaciones de procesamiento de datos, incluyendo cálculos y filtrado, se lleven a cabo con una precisión de bits más alta de la que se conseguiría con datos de 14 bits. La fijación de los dos bits menos significativos a un valor binario de 10 permite que tenga lugar un redondeo. El redondeo puede ser realizado debido a que, en una realización, el circuito 26 procesador puede truncar el valor en varios cálculos. La señal de imagen corregida sacada por el conjunto 24 procesador de video pueden contener datos de pixel de 16 bits.

Los cálculos pueden realizarse usando aritmética en coma fija. De esta manera, el procesamiento puede estar basado en números enteros, en el que no se realizan cálculos en coma flotante. El procesamiento puede ser implementado para trabajar en una manera segmentada (pipeline). El procesamiento segmentado (pipeline) puede permitir una memoria temporal de video reducida. Por ejemplo, en una realización sólo tres líneas de datos de imagen son mantenidas en memoria temporal en un momento determinado. Se usan operaciones de desplazamiento a la izquierda o desplazamiento a la derecha para reemplazar las operaciones de multiplicar y dividir enteros, para eficiencia de tratamiento de datos.

Con referencia adicional a la FIG. 4, se muestra un diagrama de flujo funcional ejemplar de las operaciones lógicas realizadas por el conjunto 24 procesador de video para llevar a cabo una compensación adaptativa de la no uniformidad en una señal de imagen. Puede considerarse que la FIG. 4 representa las etapas de un procedimiento. Aunque la descripción relacionada con la FIG. 4 describe un orden específico de ejecución de los bloques lógicos funcionales, el orden de ejecución de los bloques puede ser cambiado con respecto al orden mostrado y/o descrito. También, dos o más bloques mostrados en sucesión pueden ser ejecutados concurrentemente o con concurrencia parcial. Ciertos bloques pueden ser omitidos. Además, cualquier número de comandos, variables de estado, semáforos o mensajes pueden ser añadidos al flujo lógico para mejorar la utilidad, el comportamiento, la medición, resolución de problemas y similares. Se entiende que la totalidad de dichas variaciones están dentro del alcance de la presente invención. Los bloques lógicos de la FIG. 4 pueden considerarse también como bloques estructurales. Por ejemplo, la aplicación de un filtro puede corresponder al propio filtro y las detecciones de los píxeles muertos pueden corresponder a un detector.

C(i). Detección de los píxeles muertos por defecto de fábrica

La compensación adaptativa de la no uniformidad puede empezar en el bloque 44, mediante la detección de los píxeles muertos por defecto de fábrica a partir del fotograma actual. Esta detección puede ser llevada a cabo antes de que se realice ninguna compensación a la imagen en el bloque 36.

En una realización, todos los píxeles en la imagen están presentes en un mapa de píxeles que se usa para almacenar información acerca de los píxeles, usando etiquetas. Los píxeles no defectuosos se identifican con la fijación de etiquetas que indican carencia de defectos, y los píxeles muertos por defecto de fábrica y los píxeles muertos dinámicamente se identifican en el mapa de píxeles con etiquetas correspondientes. El etiquetado de los píxeles muertos por defecto de fábrica, así como la de los píxeles muertos dinámicamente, se describe en mayor detalle, más adelante. En una implementación de esta realización, cada pixel tiene cuatro etiquetas que pueden tomar el valor "Si" o "No". Cada etiqueta puede estar representada mediante una palabra digital de un bit. La Tabla 1 define el significado de cada

etiqueta.

Tabla 1

Nº de Etiqueta	Contenido	Explicación
1	Actualizar el término de corrección (S/N)	El pixel está funcionando según las especificaciones y el término de corrección correspondiente debería o no debería ser actualizado
2	Muerto desde fábrica (S/N)	El pixel está inoperativo, según lo determina el fabricante de la matriz de plano focal, y tiene un valor de pixel igual a cero en la señal de imagen
3	Vago (S/N)	El pixel es un pixel vago, ya que el término de corrección correspondiente está fuera de los límites predeterminados
4	Intermitente (S/N)	El pixel es un pixel intermitente, ya que tiene un valor de pixel que es inesperadamente grande o pequeño, en comparación con sus vecinos

C(ii). Aplicación de los términos de corrección

Después del bloque 44, el flujo lógico puede proseguir al bloque 36, donde el conjunto actual de términos de corrección son aplicados a la imagen de entrada. El conjunto actual de términos de corrección puede ser almacenado por la memoria 28 en una estructura de datos que almacena un término de corrección para cada pixel en la imagen. Los términos de corrección son valores de compensación, de manera que cada término de corrección puede ser sumado al valor de pixel correspondiente para proporcionar una corrección de no uniformidad a la imagen.

En una realización, cada término de corrección tiene ocho veces la precisión del pixel correspondiente y tiene un valor de 20 bits, con signo, almacenado como un valor de 16 bits, con signo. En esta implementación, la cantidad de corrección, o intervalo, se sacrifica para proporcionar una mayor precisión.

La aplicación de los términos de corrección de compensación se consigue tomando un valor de pixel determinado, que es un valor de 16 bits, sin signo, y colocando el valor de pixel en un registro de 20 bits que está justificado hacia el bit más significativo (MSB). Los 4 bits inferiores del valor de pixel de 20 bits son rellenados con ceros si el término de corrección de compensación correspondiente es positivo. Los 4 bits inferiores del valor de pixel de 20 bits son rellenados con unos si el término de corrección de compensación correspondiente es negativo. El uso de ceros o unos, de esta manera, para rellenar los cuatro bits menos significativos permite el truncado, de manera que los valores negativos puedan comportarse, computacionalmente, de la misma manera que los valores positivos.

El término de corrección de compensación (que es un valor de 16 bits, con signo), correspondiente al valor de pixel que está siendo procesado, es colocado también en un registro de 20 bits, que está justificado hacia el bit más significativo. Los 4 bits inferiores son rellenados con ceros. A continuación, el término de corrección de compensación de 20 bits es dividido por 1, 2, 4, 8 ó 16, desplazando el valor a la derecha en 0, 1, 2, 3 ó 4 lugares, respectivamente.

A continuación, el valor de pixel de 20 bits es sumado con el término de corrección de compensación de 20 bits desplazado, lo que da como resultado un valor de 20 bits, sin signo. Un valor de pixel corregido es generado capturando los 16 bits superiores (los bits más significativos) del valor sumado para proporcionar un valor de pixel corregido de 16 bits, sin signo.

C(iii). Reemplazo de los píxeles defectuosos y filtro de mediana

El flujo lógico puede proseguir al bloque 38, donde los valores de la mediana para cada pixel son generados y los píxeles defectuosos son reemplazados. En particular, los valores de pixel para los píxeles identificados en el mapa de píxeles como muertos por defecto de fábrica, intermitentes y vagos, pueden generarse como parte de un proceso de filtro de mediana.

El funcionamiento del filtro de mediana del bloque 38 puede aplicar un filtro 3x3 a la imagen para cada pixel. Un filtro 3x3 tiene nueve elementos, incluyendo el pixel sometido al filtrado y ocho píxeles inmediatamente contiguos que rodean al pixel sometido al filtrado. Los ocho píxeles vecinos son los que

están inmediatamente encima, debajo, a la izquierda de, a la derecha de, encima-a la derecha de, encima-a la izquierda de, debajo a la derecha de y debajo-a la izquierda del pixel sometido a filtrado. Para tratar los píxeles en las filas y en las columnas perimétricas de la imagen, que no tienen un conjunto completo de píxeles vecinos durante el cálculo de las medianas, puede añadirse un borde de píxeles a la imagen.

Con referencia adicional a las FIGs. 5A y 5B, en las mismas se ilustra una imagen 8x8 ejemplar. Los valores de imagen corregida sacados del bloque 36 para cada pixel se representan mediante una letra mayúscula "I", seguido por un par de números subíndice que se refieren, respectivamente, a la fila y a la columna del pixel. Se ha añadido un borde de píxeles alrededor de la imagen. Los píxeles añadidos tiene un valor alto (indicado mediante una "H" mayúscula y corresponde a un valor máximo de pixel) o un valor bajo (indicado por un letra "L" mayúscula y corresponde a un valor mínimo de pixel). Para el cálculo de la mediana, los píxeles de borde añadidos se alternan en valor, entre alto y bajo, en una disposición de "tablero de ajedrez". El tablero de ajedrez de valores altos y bajos se alterna (por ejemplo, se invierte) de un fotograma al siguiente, para minimizar los efectos de borde que podrían introducirse si no mediante el filtro de mediana. De esta manera, la disposición de valores altos y bajos para fotogramas alternos se muestra en la FIG. 5A y la FIG. 5B, respectivamente. Por ejemplo, los valores mostrados en la FIG. 5A pueden ser usados para los fotogramas pares y los valores mostrados en la FIG. 5B pueden ser usados para los fotogramas impares.

Si hay píxeles defectuosos en la imagen, los píxeles defectuosos son reemplazados usando un proceso de cálculo de mediana. Los valores de reemplazo para los píxeles defectuosos son colocados en la salida de flujo de video del bloque 38, como parte de la señal de imagen corregida. A continuación, usando la señal de imagen corregida con los píxeles defectuosos reemplazados, se calculan las medianas para todos los píxeles y se sacan para un filtrado espacial adicional.

Este proceso permite que el filtro de mediana se retroalimente de su propia salida y reemplace agrupaciones de píxeles defectuosos. La retroalimentación ocurre en la fila procesada previamente. Puede ser preferente reemplazar los píxeles defectuosos inmediatamente con el valor de la mediana, tan pronto se calcule la mediana. Sin embargo, en la implementación, puede existir una limitación debido a la activación periódica dentro del conjunto 24 procesador de video, que es accionado por ciclos de reloj secuencial. De esta manera, el reemplazo puede ser implementado reemplazando los píxeles defectuosos de la fila previa un ciclo después de que los valores de reemplazo hayan sido calculados.

Para calcular un valor de la mediana, los valores de pixel corregidos para los nueve elementos de filtro son ordenados, en orden de magnitud. El valor en la mitad de la lista ordenada es la mediana. Cuando se determina un valor de reemplazo, los píxeles muertos son reemplazados con un tablero de ajedrez de valores altos y valores bajos a lo largo de la imagen, justo antes de realizar los cálculos de mediana, para determinar los valores de reemplazo. De esta manera, los píxeles defectuosos tienen menos influencia sobre el cálculo de la mediana, ya que el valor alto o el valor bajo para el pixel defectuoso estará colocado en un extremo correspondiente de la lista ordenada de los valores de los elementos de pixel. El tablero de ajedrez puede considerarse como un mapa de reemplazo que indica qué valor (alto o bajo) usar, en base a la posición relativa del pixel defectuoso en la imagen.

Un proceso ejemplar de reemplazo de pixel defectuoso se ilustra en las FIGs. 6A a 6D. Las FIGs. 6A a 6D muestran una sección 5x5 ejemplar de un fotograma. Se apreciará que el procesamiento realizado en la sección 5x5 ejemplar puede ser realizado a lo largo de la totalidad de la imagen. Cualquier cálculo de mediana y reemplazos de píxeles llevados a cabo en un pixel en una fila o columna de un borde, puede incluir el uso de valores altos y valores bajos del borde añadido, mostrado en las FIGs. 5A y 5B.

Empezando con la FIG 6A, la entrada al bloque 38 (etiquetada "imagen de entrada" y que corresponde a la salida del bloque 36) es combinada con el mapa de reemplazo de píxeles defectuosos (etiquetado "tablero de ajedrez") para generar una "imagen temporal". En particular, los píxeles defectuosos (etiquetados usando una "D" mayúscula) son reemplazados con el valor del tablero de ajedrez que tiene una correspondencia posicional con el pixel defectuoso. Los píxeles no defectuosos se muestran con un valor numérico de uno a nueve, como un ejemplo simplificado.

Prosiguiendo a la FIG. 6B, los píxeles defectuosos son reemplazados en el ejemplo, fila por fila. El primer pixel defectuoso aparece en la segunda fila. De esta manera, se aplica un filtro de mediana al primer pixel defectuoso en la segunda fila, usando los valores en la imagen temporal. Este pixel es identificado con una cruz en el pixel y los nueve elementos miembro para el cálculo de la mediana se muestran en un fondo sombreado. Los elementos ejemplares pueden ser colocados en orden (por ejemplo, ordenados). Para el ejemplo, el orden pueden ser H, H, 6, 4, 3, 2, 1, L y L. El valor en la mitad, o la mediana, para este orden es el valor 3. De esta manera, en el resultado provisional, se usa un 3 para reemplazar el primer pixel defectuoso. El mismo proceso puede ser usado para cualquier pixel defectuoso en la segunda fila.

Prosiguiendo a la FIG. 6C, ahora se reemplazan los píxeles defectuosos en una fila subsiguiente.

Con el fin de reemplazar los píxeles en una fila situada a continuación de una fila donde se han reemplazado píxeles defectuosos, pueden usarse los valores de reemplazo de la fila anterior. Continuando con la FIG. 6D, el proceso de reemplazo puede continuar hasta que todas las filas con píxeles defectuosos han sido procesadas. A continuación, la imagen con todos los píxeles defectuosos reemplazados es la señal de imagen corregida.

Usando la señal de imagen corregida, se generan las medianas para todos los píxeles en la imagen. Las medianas se calculan usando los valores de reemplazo para los píxeles defectuosos y, para los píxeles del perímetro, el borde añadido tal como se muestra en las FIGs. 5A y 5B. Por ejemplo, para el píxel que tiene un valor de 8 en la señal de imagen corregida, los tres valores de reemplazo vecinos de 4 serían usados en el cálculo de la mediana. Los valores de píxel ordenados serían 8, 6, 4, 4, 4, 4, 4 y 2. La mediana para este píxel sería 4.

En una realización, durante el cálculo de las medianas para la imagen completa, no se recalcula un valor de mediana para los píxeles defectuosos y el valor de reemplazo es sacado como parte de los valores de mediana para esos píxeles. En otra realización, un valor de mediana para los píxeles defectuosos es recalculado usando el valor de reemplazo en los valores de píxel ordenados.

Tal como se apreciará, hay efectivamente dos salidas del bloque 38. La primera salida es la señal de imagen corregida, que representa una escena infrarroja. La señal de imagen corregida está formada por los valores de píxel corregidos, según se generan en el bloque 36 y, para los píxeles defectuosos, por los valores de reemplazo. La señal de imagen corregida puede ser sacada al conjunto 30 de guiado y seguimiento de blancos, para un procesamiento adicional.

La segunda salida representa una porción del filtrado espacial usado para la generación de los términos de corrección. La segunda salida es el valor de filtro de mediana para cada píxel, que puede ser salvado (por ejemplo, almacenado en memoria temporal) y usado como una entrada a un filtro anti-media aplicado en el bloque 48 (explicado en la sección siguiente).

C (iv). Filtrado espacial

Tal como se ha indicado, pueden aplicarse dos filtros espaciales. El primero es el filtro de mediana 3x3, descrito en la sección anterior. El segundo es un filtro anti-media aplicado en el bloque 48 al valor de filtro de mediana para cada píxel. El efecto neto del filtro de mediana es eliminar el ruido (por ejemplo, píxeles periféricos) que podría sesgar el cálculo anti-media dentro del filtro anti-media.

El anti-media empieza calculando un valor medio para cada píxel a partir de los valores de mediana. La media se calcula tomando los ocho vecinos del píxel sometido a filtrado y promediando los ocho valores de mediana para esos vecinos para generar un valor medio. A continuación, el valor de píxel corregido (la salida del bloque 36) para cada píxel sometido a filtrado es restado del valor medio para establecer un valor anti-media para el píxel. Por razones de eficiencia computacional, se usan ocho píxeles en el cálculo del promedio en lugar de nueve (los ocho vecinos y el píxel sometido a filtrado) de manera que un desplazamiento hacia la derecha de tres (igual a dividir por ocho) puede ser usado en lugar de una división por nueve. Más específicamente, el promedio es redondeado en aritmética en coma fija desplazando una posición hacia la izquierda la suma de las ocho medianas (multiplicar por dos), añadiendo uno a la suma desplazada, y, a continuación, desplazando cuatro posiciones hacia la derecha el resultado (dividir por 8 muestras y dividir por 2).

Debido a que el filtro de mediana usa los valores de mediana como entradas, hay casos en la imagen en los que la media no puede calcularse. Esto ocurre en el perímetro de la imagen, donde no hay un conjunto completo de valores de mediana circundantes. Para abordar este problema, pueden calcularse anti-medias en lugar de anti-medias para el perímetro de la imagen.

Con referencia adicional a las FIGs. 7A y 7B, se muestra un proceso ejemplar de filtrado espacial con consideración hacia los valores perimétricos. En la ilustración de las FIGs. 7A y 7B, se aplica un filtrado espacial a una imagen 8x8 ejemplar. Las modificaciones para aplicar el filtrado espacial a cualquier tamaño de imagen serán evidentes para una persona con conocimientos ordinarios en la materia.

Empezando en la FIG. 7A, se muestra, en la izquierda, un mapa de las medianas sacadas por la función filtro de mediana del bloque 38. Los valores de mediana se muestran usando una "m" minúscula. En esta etapa, los píxeles del perímetro son ignorados de manera que los valores de mediana son pasados a un mapa de valores medios, que se muestra, a la derecha, en la FIG. 7A. Empezando en la segunda columna, segunda fila, se calculan los valores medios. El píxel para el que se calcula la media se muestra con una cruz en el píxel y los ocho elementos miembro para el cálculo de la media se muestran con un fondo sombreado. Los elementos en el cálculo de la media son promediados y ese valor promedio es colocado en el mapa de medias, como el valor de media (mostrado usando una "M" mayúscula) para el píxel correspondiente. Este proceso se repite para todos los píxeles dentro de los píxeles perimétricos. Se usa una línea gruesa en las figuras para separar gráficamente los píxeles perimétricos de los píxeles

sobre los que se calculan las medias.

Continuando a la FIG. 7B, el valor de imagen corregido para cada pixel, según es sacado por el bloque 36, es restado del valor correspondiente en el mapa de medias. Para los píxeles perimétricos, se calcula una anti-mediana (mostrada usando una "a" minúscula) restando el valor de imagen corregido del valor de mediana correspondiente. Para el resto de los píxeles, se calcula una anti-media (mostrada usando una "A" mayúscula) restando la imagen corregida del valor medio correspondiente. La salida es un mapa de filtro espacial.

C(v). Comparación de filtro espacial

En el bloque 50, se realiza una comparación del filtro espacial. Se compara la salida del filtro anti-media del bloque 48 para el fotograma actual y la salida del filtro anti-media para el fotograma precedente. Los valores anti-media sacados del bloque 48 pueden ser almacenados en el bloque 52 para su uso en la comparación.

Para diferenciar entre la entrada de escena y el ruido de patrón fijo, el registro de la escena incidente en la matriz 16 de plano focal debería ser diferente para dos fotogramas consecutivos cualesquiera. Tal como se ha indicado, el movimiento de cardán del sensor 12 puede ser usado para conseguir diferencias en el registro de escena, de fotograma a fotograma.

La premisa de comparar la salida del filtro espacial para los fotogramas actual y precedente, pixel a pixel, es que si la salida del filtro para un pixel determinado en las imágenes consecutivas tiene correlación (por ejemplo, "parece igual"), hay ruido de patrón fijo presente. Puede notarse que la salida del filtro es efectivamente una comparación de cada pixel con una combinación de sus vecinos. Si hay ruido de patrón fijo presente, los términos de corrección para el pixel pueden ser actualizados. Si las salidas del filtro para la imagen actual y la imagen previa no coinciden, puede suponerse que las entradas basadas en la escena generan las diferencias y los términos de corrección pueden no ser actualizados.

Las reglas para comparar la salida de los filtros espaciales para un pixel pueden resumirse tal como se indica a continuación. Las dos salidas de filtro se comparan para determinar la imagen con la magnitud más pequeña. A continuación, la magnitud de la diferencia entre las dos salidas de filtro para el pixel es comparada con un valor umbral. Si la diferencia es menor o igual al valor umbral, un término de corrección, asociado al pixel, será modificado. Si no, el término de corrección no será modificado.

Pueden especificarse reglas de comparación más elaboradas, tal como se indica a continuación. Cada valor anti-media (fila/columna) del fotograma previo es comparado con el valor anti-media correspondiente del fotograma actual, bajo dos comprobaciones. La primera comprobación determina si el valor absoluto del valor anti-media previo es menor que el valor absoluto del valor anti-media actual. Si la primera comprobación se cumple, se fija un valor de error al anti-media del fotograma previo. Si la primera comprobación falla, el valor de error es fijado al anti-media del fotograma actual. De esta manera, se retiene un valor anti-media más pequeño, en términos de valor absoluto.

La segunda comprobación determina si el valor absoluto de la diferencia entre el anti-media actual y el anti-media previo es menor o igual a un valor umbral de comparación. Si se pasa la segunda comprobación, el pixel es etiquetado para que el valor de corrección de compensación correspondiente sea modificado (por ejemplo, en las etiquetas del mapa de píxeles de la Tabla 1, la etiqueta de valor 1 puede ser fijada a "Si" para indicar que el valor de corrección de compensación debe ser modificado). Si la segunda comprobación falla, el pixel es etiquetado para que el valor de corrección de compensación correspondiente no sea modificado (por ejemplo, en las etiquetas del mapa de píxeles de la Tabla 1, el valor de etiqueta 1 puede ser fijado a "No" para indicar que no deben realizarse cambios en el valor de corrección de compensación para el pixel). La segunda comprobación se usa como una manera de determinar si el cambio de fotograma a fotograma es inconsistente con las características esperadas del ruido de patrón fijo. En particular, si la diferencia entre el mapa de filtro espacial actual y el mapa de filtro espacial previo para un pixel es demasiado grande, el cambio de fotograma a fotograma puede considerarse demasiado grande para ser fiable.

C(vi). Actualización de los términos de corrección

En el bloque 54, una actualización de los términos de corrección de compensación para la compensación adaptativa de la no uniformidad puede conseguirse usando los valores de error sacados de la comparación del filtro espacial (bloque 50) y actualizando el término de corrección en una fracción del valor de error. La cantidad de actualización (cantidad fraccional del valor de error) es controlada por una función de transferencia. La función de transferencia tiene cuatro valores umbral basados en la magnitud del valor de error (valor absoluto del valor de error). La Tabla 2 muestra la función de transferencia, exponiendo las comparaciones del valor de error con los valores umbral con las expresiones para generar los valores de salida de los términos de corrección correspondientes. El valor absoluto del valor de error se expresa en la Tabla 2 como |Error|.

Tabla 2

Función de transferencia	Valor de salida del término de corrección
$ \text{Error} \leq \text{Umbral 1}$	0 (banda muerta)
$\text{Umbral 1} < \text{Error} \leq \text{Umbral 2}$	$\text{Error} \div 16$
$\text{Umbral 2} < \text{Error} \leq \text{Umbral 3}$	$\text{Error} \div 8$
$\text{Umbral 3} < \text{Error} \leq \text{Umbral 4}$	$\text{Error} \div 4$
$\text{Umbral 4} < \text{Error} $	$\text{Error} \div 2$

Puede considerarse que los cuatro valores umbral en la función de transferencia proporcionan el control principal de la agresividad de la compensación adaptativa de la no uniformidad. Por ejemplo, si todos los valores umbral son fijados a cero, entonces la magnitud del error será mayor que el número de valor umbral 4, de manera que el ajuste del término de corrección es la mitad del valor de error. Esto resulta en una tasa relativamente alta de convergencia de ruido de patrón fijo, pero puede conducir a un incremento en el ruido temporal y/o posible quemado con imagen residual de la escena de entrada.

A continuación, se muestran detalles adicionales relativos a cómo se usa el valor de error para actualizar el término de corrección correspondiente. Los valores umbral de la función de transferencia son comparados con el valor absoluto del valor de error. A continuación, el valor de error es desplazado hacia la izquierda o es desplazado hacia la derecha, en una manera apropiada, para escalar el valor de error en un medio, un cuarto, un octavo o un dieciseisavo. Debido a que los términos ya están escalados en comparación con el video (por ejemplo, tienen ocho veces la precisión del video), el valor de error es desplazado 2 posiciones hacia la izquierda para proporcionar la corrección de un medio, es desplazado 1 posición hacia la izquierda para la corrección de un cuarto, no se cambia para la corrección de un octavo o es desplazado 1 posición hacia la derecha para la corrección de la dieciseisava parte. Los valores de bits, con signo, resultantes pueden denominarse como valores de error modificados.

A continuación, se usa un decaimiento de término, como una manera de reducir la incidencia del quemado de escena. El proceso de decaimiento de término simplemente añade uno o resta uno de cada valor de corrección (que puede denominarse como un "término"), de manera que los términos se acercan más a cero. Si un término particular fue generado debido a una confusión entre una entrada de una escena y ruido de patrón fijo, el decaimiento del término ayudará a reducir o eliminar este término con el tiempo. Los términos son sometidos a decaimiento antes de que sean actualizados por los errores modificados.

Si el término de corrección de compensación previo es positivo, entonces el valor de error modificado se suma con el valor negativo del decaimiento del término (normalmente, menos 1) para generar un valor de error modificado revisado. Si el término de corrección de compensación previo es negativo, entonces el error modificado es sumado al valor positivo de decaimiento del término (normalmente, +1) para generar un valor de error modificado revisado. Para las operaciones normales, un valor de error modificado revisado de cero corresponde a no modificar el término de corrección de compensación correspondiente. A continuación, los valores de error modificados revisados son truncados a 16 bits, con signo.

En el bloque 56, se almacenan los términos de corrección de compensación actualizados. Para cualquier pixel determinado, el término de corrección de compensación almacenado previamente es actualizado, almacenando el valor de error modificado revisado truncado como parte del conjunto de términos de corrección si se cumplen dos condiciones. Si el pixel no cumple cualquiera de las dos condiciones, no se realiza ningún cambio al término de corrección de compensación almacenado en la actualidad para el pixel correspondiente. La primera condición es que no se haya aplicado ninguna anulación para congelar el proceso de actualización, tal como alcanzar la conclusión de un periodo de inicialización, tal como se describe más adelante. La segunda condición es que el pixel haya sido etiquetado para ser actualizado durante la operación de la función de comparación espacial descrita anteriormente. Una vez almacenados, los valores de corrección de compensación actualizados pueden ser aplicados al siguiente fotograma de los datos de imagen en el bloque 36.

C(vii). Detección de píxeles defectuosos

El propósito de la detección de los píxeles defectuosos es identificar y reemplazar los píxeles que tienen una salida cuestionable. Para la descripción de la presente memoria, hay tres categorías de píxeles defectuosos, que incluyen píxeles muertos por defecto de fábrica, intermitentes y vagos.

Los píxeles intermitentes son píxeles que cambian repentinamente su nivel de salida. Este

fenómeno se ha observado pero no se comprende el mecanismo. Sin embargo, los píxeles intermitentes tienen valores anti-media muy grandes y pueden ser incapaces de producir valores de pixel válidos. Un pixel intermitente puede corromper el filtrado espacial de sus vecinos inmediatos. Para minimizar la corrupción, el pixel puede ser etiquetado como defectuoso. El etiquetado de los píxeles intermitentes como defectuosos hará que el pixel sea reemplazado en el bloque 38, antes del filtrado espacial. El pixel permanecerá etiquetado como defectuoso hasta que el mapa de píxeles sea re-inicializado.

Los píxeles intermitentes pueden ser identificados en el bloque 58. Por ejemplo, cualquier valor anti-media que sea mayor que los valores anti-media de sus vecinos, en una cantidad predeterminada, puede considerarse un pixel intermitente y puede ser etiquetado como tal en el mapa de píxeles.

Los píxeles vagos son píxeles que cambian lentamente sus características de transferencia. La detección de los píxeles vagos puede realizarse en el bloque 60. El grado de deriva puede ser cuantificado en base a la magnitud del término de corrección de compensación para el pixel. Por ejemplo, si el término de corrección de compensación tiene un valor absoluto que excede un valor predeterminado, el pixel correspondiente puede ser un pixel vago. Los píxeles vagos pueden tener valores de pixel corregidos más allá de las normas esperadas y serán etiquetados como defectuosos en el mapa de píxeles. El etiquetado de los píxeles vagos como defectuosos hará que el pixel sea reemplazado en el bloque 38, antes del filtrado espacial. El pixel permanecerá etiquetado como defectuoso hasta que el mapa de píxeles sea re-inicializado.

C(viii). Secuencia de inicialización

En una realización, se usa una secuencia de inicialización para intentar corregir cualquier pixel intermitente. La secuencia de inicialización puede incluir fijar todos los valores umbral excepto para la detección de píxeles intermitentes hasta que se haya procesado un número predeterminado de fotogramas (por ejemplo, 20 fotogramas). Durante estos fotogramas, los valores umbral para la detección de píxeles intermitentes pueden permanecer a un valor máximo para anular efectivamente la detección de píxeles intermitentes. De esta manera, los píxeles intermitentes serán corregidos usando un término de compensación para estos fotogramas iniciales. Después de que los fotogramas iniciales hayan sido procesados, el valor umbral para la detección de píxeles intermitentes puede ser fijado a un valor operativo normal. En ese momento, cualquier anti-media que sea mayor que el valor umbral será identificado y el pixel correspondiente será etiquetado como un pixel intermitente, causando, de esta manera, que la lógica de reemplazo de píxeles defectuosos reemplace ese pixel en los fotogramas subsiguientes.

C(ix). Finalización de los términos de corrección

En una realización, la actualización de los términos de corrección de compensación puede ser realizada sin interrupción durante toda la toma de imágenes realizada con el sensor 12. En una realización preferente, sin embargo, los términos de corrección son generados y son actualizados recursivamente durante un periodo de inicialización al principio del proceso de toma de imágenes, después del cual se realiza la toma de imágenes y las correcciones son aplicadas usando el conjunto de términos de corrección almacenados al final del periodo de inicialización. El periodo de inicialización puede durar una cantidad predeterminada de tiempo, un número de fotogramas predeterminado o hasta que se alcance una métrica relacionada con la convergencia del ruido de patrón fijo. Después del periodo de inicialización, el movimiento del cardán del sensor 12 para cambiar la percepción de la escena, de fotograma a fotograma, puede terminarse para generar una señal de imagen más estable.

D. Conclusión

Las técnicas descritas anteriormente para corregir la salida de una matriz 16 de plano focal pueden reducir considerablemente la cantidad de ruido de patrón fijo en una señal de imagen correspondiente a una escena detectada, minimizando, al mismo tiempo, la introducción de artefactos. Las técnicas usan una serie de filtros localizados para determinar si cada pixel está sobre-respondiendo o infra-respondiendo en comparación con los píxeles vecinos. También, se usan dos imágenes consecutivas en cada momento para diferenciar entre ruido de patrón fijo de la entrada de escena. Aunque las técnicas funcionarán mejor cuando la percepción de la escena sea diferente de un fotograma al siguiente durante la generación de valores de corrección de desplazamiento, se elimina la necesidad de crear una entrada "suave" ("bland") para los valores de corrección de compensación. Además, los valores para los píxeles defectuosos pueden ser reemplazados con un valor con una aproximación aceptable para la salida del pixel, en caso de que el pixel hubiese estado operativo.

Las técnicas convencionales para generar un conjunto de términos de corrección pueden necesitar miles de fotogramas de datos para generar los términos de corrección. Las técnicas descritas en la presente memoria pueden reducir el número de fotogramas usados para generar los términos de corrección, en uno o dos órdenes de magnitud. Por ejemplo, las técnicas descritas en la presente memoria pueden usar aproximadamente sesenta fotogramas o menos de datos para generar un conjunto completo de términos de corrección. Dependiendo de la velocidad de los fotogramas, esto permitiría

generar los términos de corrección en menos de un segundo.

Aunque se han descrito en detalle realizaciones particulares de la invención, se entiende que la invención no está limitada correspondientemente en su alcance, sino que incluye todos los cambios, modificaciones y equivalentes dentro de los términos de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de reducción de una cantidad de ruido de patrón fijo de una señal de imagen generada por un sensor (12) de imagen, que comprende:

para cada pixel no defectuoso en la señal de imagen, aplicar un término de compensación, actualizado recursivamente, para generar una señal de imagen corregida; y

actualizar recursivamente los términos de corrección de compensación:

filtrando espacialmente la señal de imagen corregida para un fotograma actual de la señal de imagen corregida, aplicando un filtro de mediana a cada pixel del fotograma actual y aplicar un filtro anti-media a la salida del filtro de mediana para generar un fotograma filtrado corregido de la señal de imagen corregida;

comparando el fotograma actual filtrado corregido de la señal de imagen corregida con un fotograma precedente, corregido, filtrado espacialmente, de la señal de imagen corregida, siendo generado el fotograma precedente, corregido, filtrado espacialmente, generado aplicando el filtro de mediana a cada pixel no defectuoso del fotograma precedente de la señal de imagen corregida y aplicando el filtro anti-media a la salida del filtro de mediana para la señal de imagen corregida del fotograma precedente;

en el que el fotograma precedente y el fotograma actual son fotogramas secuenciales de la señal de imagen corregida, que tienen un registro de escena diferente por el movimiento del sensor de imagen;

actualizando los términos de corrección de compensación con los términos generados como una función de la comparación; y

en el que el filtro de mediana elimina el ruido en la forma de píxeles con valores periféricos que podrían sesgar la operación del filtro anti-media, y el filtro anti-media calcula una diferencia entre el valor promedio de los píxeles que rodean el pixel que está siendo procesado y el valor del pixel que está siendo procesado.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el movimiento del sensor de imagen tiene como resultado una diferencia de perspectiva entre el fotograma actual y el fotograma precedente de una escena captada por el sensor de imágenes, para conseguir el registro de escena diferente.

3.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que el sensor de imágenes está montado a un cardán, que efectúa el movimiento del sensor de imágenes.

4.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el término de corrección de compensación no se actualiza para un pixel si una diferencia entre el valor de filtro espacial actual para el pixel y valor de filtro espacial precedente para el pixel es mayor que un valor umbral predeterminado.

5.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la generación de los términos de corrección de compensación, como una función de la comparación, incluye:

generar un valor de error para cada pixel, siendo el valor de error la menor de las magnitudes relativas del valor de pixel filtrado espacialmente para el fotograma actual y el valor de pixel filtrado espacialmente para el fotograma precedente;

modificar el valor de error generando una fracción del valor de error, estando basado el tamaño fraccional en la magnitud del valor de error, y

aplicar un valor de decaimiento de término a cada valor de error modificado, para generar un valor de error modificado revisado que es más cercano al valor cero que el valor de error modificado correspondiente.

6.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además sacar la señal de imagen corregida a un sistema (30) de seguimiento de blancos de un misil (32).

7.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el filtro de mediana tiene una disposición de elementos pixel centrados en un pixel a ser filtrado, el filtro de mediana selecciona el valor del elemento pixel situado en la mitad, en términos de magnitud, como una salida del filtro de mediana para el pixel a ser filtrado.

8.- Procedimiento según la reivindicación 7, en el que un valor para un pixel defectuoso en los elementos pixel del filtro es reemplazado con un valor de reemplazo previamente a la selección de la salida del filtro de mediana.

9.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende además identificar los píxeles defectuosos en la señal de imagen corregida y reemplazar un valor para cada pixel defectuoso, en el que el valor de reemplazo para cada pixel defectuoso es generado reemplazando los píxeles muertos con un valor correspondiente de un mapa de tipo tablero de ajedrez, de valores altos y valores bajos, a lo largo del fotograma, y haciendo un cálculo de la mediana de los valores de pixel del pixel defectuoso y de los píxeles vecinos para determinar el valor de reemplazo.

10.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además congelar la actualización recursiva de los términos de corrección de compensación al final de un periodo de inicialización y corregir la señal de imagen con los términos de corrección congelados después del periodo de inicialización.

11.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que los términos de corrección congelados son generados usando sesenta fotogramas o menos.

12.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el filtro anti-media es aplicado a la salida del filtro de mediana, para generar un fotograma actual corregido de la señal de imagen, es cambiado a un filtro anti-mediana para el filtrado espacial de los píxeles perimétricos.

13.- Sistema (12) de imagen que comprende:

una matriz (16) de plano focal que genera una señal de imagen; y

un conjunto (24) procesador de video que reduce una cantidad de ruido de patrón fijo de la señal de imagen, aplicando un término de compensación, actualizado recursivamente, a cada pixel no defectuoso en la señal de imagen, para generar una señal de imagen corregida, en el que el conjunto procesador de video actualiza recursivamente los términos de corrección de compensación:

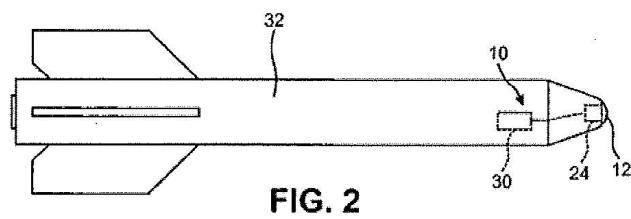
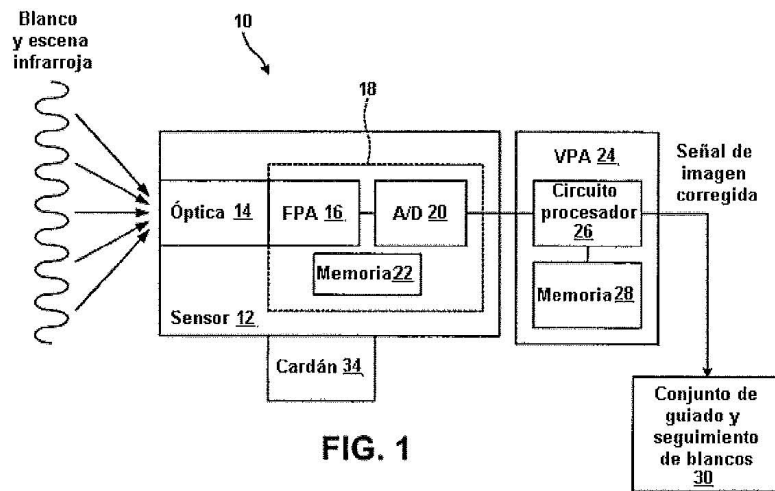
filtrando espacialmente la señal de imagen corregida para un fotograma actual de la señal de imagen corregida, aplicando un filtro de mediana a cada pixel del fotograma actual y aplicando un filtro anti-media a la salida del filtro de mediana para generar un fotograma corregido filtrado de la señal de imagen corregida;

comparando el fotograma actual corregido filtrado de la señal de imagen corregida con un fotograma precedente, corregido, filtrado espacialmente, de la señal de imagen corregida, siendo generado el fotograma precedente, corregido, filtrado espacialmente, aplicando el filtro de mediana a cada pixel no defectuoso del fotograma precedente de la señal de imagen corregida y aplicando el filtro anti-media a la salida del filtro de mediana para la señal de imagen corregida del fotograma precedente;

en el que el fotograma precedente y el fotograma actual son fotogramas secuenciales de la señal de imagen corregida, que tienen un registro de escena diferente por el movimiento del sensor de imagen; y

actualizando los términos de corrección de compensación con los términos generados como una función de la comparación; y

en el que el filtro de mediana elimina el ruido en la forma de píxeles con valores periféricos que podrían sesgar la operación del filtro anti-media, y el filtro anti-media calcula una diferencia entre el valor promedio de los píxeles que rodean el pixel que está siendo procesado y el valor del pixel que está siendo procesado.



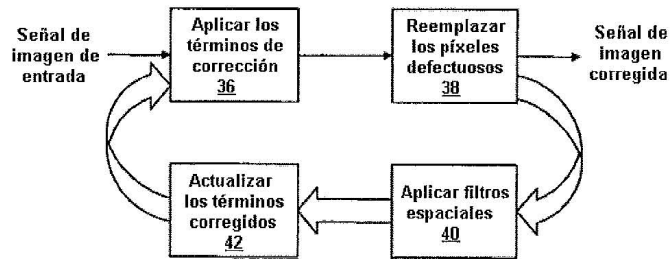


FIG. 3

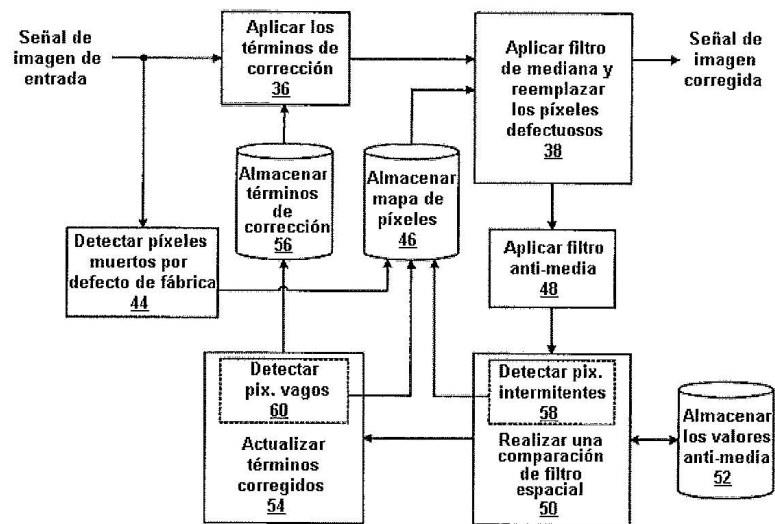


FIG. 4

H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
L	I _{1,1}	I _{1,2}	I _{1,3}	I _{1,4}	I _{1,5}	I _{1,6}	I _{1,7}	I _{1,8}	H
H	I _{2,1}	I _{2,2}	I _{2,3}	I _{2,4}	I _{2,5}	I _{2,6}	I _{2,7}	I _{2,8}	L
L	I _{3,1}	I _{3,2}	I _{3,3}	I _{3,4}	I _{3,5}	I _{3,6}	I _{3,7}	I _{3,8}	H
H	I _{4,1}	I _{4,2}	I _{4,3}	I _{4,4}	I _{4,5}	I _{4,6}	I _{4,7}	I _{4,8}	L
L	I _{5,1}	I _{5,2}	I _{5,3}	I _{5,4}	I _{5,5}	I _{5,6}	I _{5,7}	I _{5,8}	H
H	I _{6,1}	I _{6,2}	I _{6,3}	I _{6,4}	I _{6,5}	I _{6,6}	I _{6,7}	I _{6,8}	L
L	I _{7,1}	I _{7,2}	I _{7,3}	I _{7,4}	I _{7,5}	I _{7,6}	I _{7,7}	I _{7,8}	H
H	I _{8,1}	I _{8,2}	I _{8,3}	I _{8,4}	I _{8,5}	I _{8,6}	I _{8,7}	I _{8,8}	L
L	H	L	H	L	H	L	H	L	H

FIG. 5A

L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
H	I _{1,1}	I _{1,2}	I _{1,3}	I _{1,4}	I _{1,5}	I _{1,6}	I _{1,7}	I _{1,8}	L
L	I _{2,1}	I _{2,2}	I _{2,3}	I _{2,4}	I _{2,5}	I _{2,6}	I _{2,7}	I _{2,8}	H
H	I _{3,1}	I _{3,2}	I _{3,3}	I _{3,4}	I _{3,5}	I _{3,6}	I _{3,7}	I _{3,8}	L
L	I _{4,1}	I _{4,2}	I _{4,3}	I _{4,4}	I _{4,5}	I _{4,6}	I _{4,7}	I _{4,8}	H
H	I _{5,1}	I _{5,2}	I _{5,3}	I _{5,4}	I _{5,5}	I _{5,6}	I _{5,7}	I _{5,8}	L
L	I _{6,1}	I _{6,2}	I _{6,3}	I _{6,4}	I _{6,5}	I _{6,6}	I _{6,7}	I _{6,8}	H
H	I _{7,1}	I _{7,2}	I _{7,3}	I _{7,4}	I _{7,5}	I _{7,6}	I _{7,7}	I _{7,8}	L
L	I _{8,1}	I _{8,2}	I _{8,3}	I _{8,4}	I _{8,5}	I _{8,6}	I _{8,7}	I _{8,8}	H
H	L	H	L	H	L	H	L	H	L

FIG. 5B

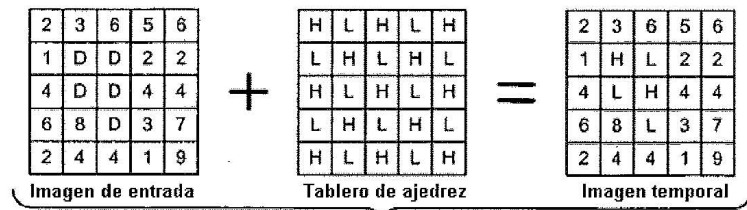


FIG. 6A

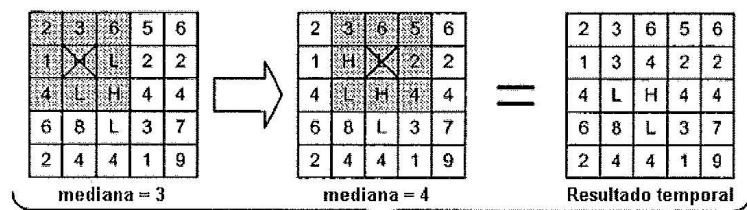


FIG. 6B

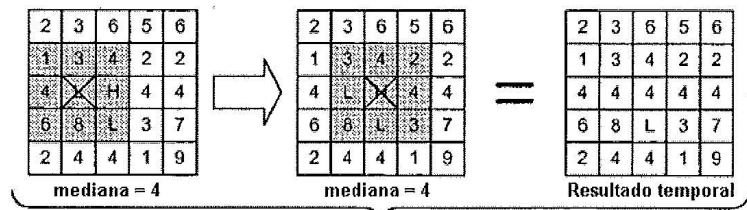


FIG. 6C



FIG. 6D

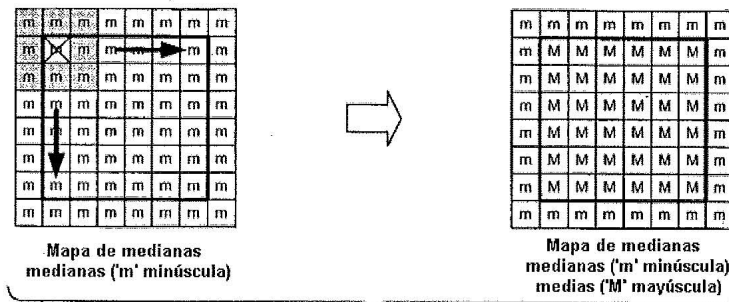


FIG. 7A

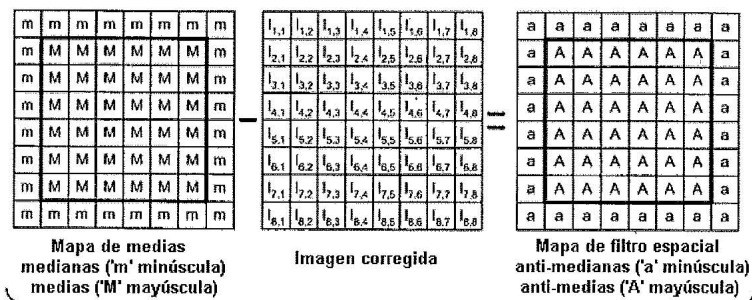


FIG. 7B