

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 508 941**

51 Int. Cl.:

**H04N 5/217** (2011.01)

**H04N 5/33** (2006.01)

**G01J 5/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2007 E 07848682 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.07.2014 EP 2127359**

54 Título: **Corrección de la no uniformidad de una respuesta en grupos de sensores**

30 Prioridad:

**28.12.2006 GB 0625936**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**16.10.2014**

73 Titular/es:

**THERMOTEKNIX SYSTEMS LIMITED (100.0%)  
TEKNIX HOUSE 2 PEMBROKE AVENUE  
WATERBEACH, CAMBRIDGE CB25 9QR, GB**

72 Inventor/es:

**CAIRNDUFF, BRUCE**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**ES 2 508 941 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

Corrección de la no uniformidad de una respuesta en grupos de sensores

5 La presente invención se refiere a la corrección de la no uniformidad en la respuesta de diferentes elementos dentro de un grupo de sensores y en particular a su consecución en un grupo detector susceptible de capturar una imagen tal como una imagen infrarroja.

10 Las cámaras infrarrojas miden la radiación infrarroja (el calor) incidente sobre un conjunto detector. Normalmente, la radiación infrarroja alcanza el conjunto detector atravesando una lente, de modo que puede obtenerse una imagen de la intensidad de la radiación infrarroja emitida y/o reflejada por objetos en una escena. Las diferencias en la cantidad de radiación infrarroja producida/reflejada desde una posición concreta en la escena representada tienen como resultado diferencias en la salida de la parte pertinente del conjunto detector. A la inversa, el conjunto detector debería producir una respuesta uniforme cuando ve una escena que produce/refleja una cantidad uniforme de radiación.

15 Normalmente, el conjunto detector puede ser un microbolómetro. Un microbolómetro comprende una matriz (una parrilla) de píxeles, cada uno individualmente sensible a la radiación infrarroja. Cada píxel consiste en un "puente" aislado térmicamente y está compuesto de un material resistivo que se calienta con la radiación incidente. La resistencia del puente varía con su temperatura y esta variación en la resistencia se utiliza para generar una salida relacionada con la intensidad de la radiación incidente. En la práctica, estos conjuntos son propensos a una alta falta de uniformidad entre píxeles, es decir, cuando se exponen a la misma cantidad de radiación, cada píxel produce una respuesta diferente. En la salida bruta de tales conjuntos domina este efecto, por lo que ésta no es reconocible como imagen. Siendo así, las cámaras infrarrojas aplican una corrección a la salida bruta del conjunto.

20 Una corrección ya conocida es generar una tabla de factores de corrección individuales a aplicar a las salidas de cada píxel en la imagen. Generalmente, la corrección utilizada prevé un desplazamiento constante (1pt) y una corrección de ganancia lineal (2pt), almacenando la cámara tablas que contienen los factores 1pt y 2pt a utilizar para corregir la salida de cada píxel individual en el conjunto. Así, para cada píxel, la cámara calcula una salida normalizada  $O_N$  a partir de una salida bruta  $O_R$  de la forma:

$$O_N = 2pt * O_R + 1pt$$

30 Normalmente, la tabla 1pt se crea (o se ajusta) imponiendo una paleta delante del sensor para crear una iluminación uniforme. En estas condiciones, la salida para cada píxel se resta de la salida producida cuando se ve la escena sin el bloque. La paleta puede ser un obturador, utilizándose el obturador periódicamente para bloquear la radiación incidente durante el uso. De este modo es posible actualizar regularmente la tabla 1pt. Esta actualización regular es necesaria, ya que el desplazamiento tiende a derivar con el tiempo. La deriva es particularmente pronunciada cuando la cámara se utiliza inmediatamente después de encenderla, pero tiende a estabilizarse en gran medida cuando ha estado funcionando durante un largo periodo de tiempo y el conjunto se acerca al equilibrio. Normalmente puede ser necesario imponer el obturador segundo a segundo tras el encendido, pero, después de un funcionamiento prolongado, el intervalo entre las imposiciones del obturador puede ampliarse a un minuto más o menos antes de que se perciba una degradación importante de la imagen.

40 Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, concretamente: oscurece la imagen durante un periodo de tiempo; como parte móvil, afecta a la fiabilidad especialmente en referencia a la vibración; aumenta la demanda de energía de la cámara (y lo que es más problemático, añade esta demanda adicional cuando la cámara está funcionando a una potencia máxima); y añade coste, peso y tamaño a la cámara.

45 La tabla 2pt se crea iluminando el conjunto con dos intensidades de radiación uniformes diferentes. Se determina la diferencia en las respuestas a las intensidades uniformes para cada píxel y se utiliza para calcular el valor 2pt para cada píxel. A diferencia de la tabla 1pt, no se conoce ninguna manera fácil de crear esta tabla durante el funcionamiento de la cámara, por lo que normalmente se genera y almacena en forma de calibración semipermanente.

50 Cuando la temperatura del conjunto detector varía se provocan problemas adicionales, dado que los factores de corrección adecuados varían también con la temperatura. Una forma de resolver este problema es estabilizar el conjunto en la temperatura de calibrado. Normalmente, esto se logra empleando uno o más dispositivos Peltier. Aunque esto proporciona una solución razonablemente eficaz, la incorporación de uno o más dispositivos Peltier a la cámara aumenta su coste. Además, los dispositivos Peltier consumen una cantidad considerable de energía.

Una alternativa para estabilizar la temperatura del conjunto es caracterizar el rendimiento del conjunto a una o más temperaturas y luego utilizar sensores dedicados previstos en el conjunto, normalmente píxeles ciegos, termistores o similares, para medir su temperatura actual. A continuación puede realizarse una interpolación dependiente de la temperatura para estimar el ajuste adecuado en los factores de corrección. Debido a la sensibilidad extrema de los factores de corrección a la temperatura del conjunto, resulta difícil aplicar esta técnica de manera lo suficientemente precisa como para proporcionar una imagen clara.

Otro método alternativo para solucionar la no uniformidad aprovecha las propiedades de una imagen en movimiento, no siendo aplicable a una imagen estática. Éste se basa en el supuesto de que la radiación incidente media y la desviación estándar de la radiación incidente son esencialmente iguales en toda el área del conjunto durante un intervalo de tiempo suficiente. La corrección de desplazamiento puede entonces calcularse a partir del valor medio y la corrección de ganancia puede calcularse a partir del valor de la desviación estándar. Una variación de esta técnica somete la salida de un píxel a un cálculo de error medio cuadrático mínimo para reducir el efecto de la no uniformidad de desplazamiento.

En el documento EP1727359 se describe otro método alternativo para solucionar la no uniformidad. Este documento revela una técnica donde se gradúa una tabla de factores de corrección almacenada con un factor de escala adecuado y se utiliza para corregir los datos de salida brutos. El factor de escala para la tabla se determina mediante una técnica en la que se aplican a las tablas cierto número, normalmente tres, de factores de escala diferentes, antes de aplicar la tabla a los datos de salida brutos, generándose tres juegos de datos de salida corregidos. A continuación, se calcula el promedio de cada juego de datos de salida corregidos sobre una pluralidad de píxeles adyacentes para generar un juego de datos de salida corregidos promediados. Se determina y se suma la magnitud absoluta de las diferencias entre cada valor de píxel en cada juego de datos de salida corregidos y el juego de datos de salida corregidos promediados correspondiente. A continuación, el método selecciona el factor de escala que tiene como resultado la menor suma de diferencias entre los datos de salida de píxel corregidos y los corregidos promediados. Este proceso puede aplicarse de manera iterativa, determinándose los factores de escala aplicados posteriormente mediante la determinación del mejor factor de escala anterior. Este método busca una solución por estimación más que mediante el cálculo de un factor de escala óptimo. Adicionalmente, requiere el cálculo de una media variable de datos de salida corregidos y, como tal, requiere una gran carga de procesamiento y tiene como resultado una pérdida de detalle. Otro problema es que, con la comparación de una imagen corregida con una imagen corregida promediada, el método no determina directamente cómo solucionar la no uniformidad a partir de la propia imagen.

A continuación se discuten otros métodos alternativos para solucionar la no uniformidad que forman parte del estado actual de la técnica.

El documento US6144408A se refiere a un método donde se generan dos parámetros de corrección individuales (un factor y un desplazamiento) para parámetros de corrección de punto individuales para elementos sensores de un conjunto. Éstos se generan con referencia a una toma en negro, que caracteriza el patrón ruido fijo del conjunto, considerando una suma de las salidas de elementos sensores cercanos y la suma total de todos los elementos sensores por encima de un umbral.

El documento US2004/135895A1 describe un procedimiento iterativo para suavizar las diferencias locales entre las salidas de los elementos sensores. Este suavizado local se logra mediante parámetros de desplazamiento de corrección individuales de ajuste fino para una selección de elementos sensores en el conjunto mediante un proceso iterativo. Los elementos sensores que se han de someter al ajuste fino se seleccionan mediante una comparación de las diferencias entre las salidas de cada elemento sensor y los elementos sensores adyacentes al mismo, con las diferencias típicas en las salidas entre elementos sensores adyacentes en el área circundante. Este procedimiento presta especial atención a elementos sensores cuyas salidas son grandes y difieren de las de sus elementos sensores adyacentes en una cantidad mayor que las diferencias típicas en la salida entre elementos sensores adyacentes en el área circundante.

El documento WO2006/100662 revela un método de corrección de la salida de un conjunto de sensores para variaciones de la temperatura de carcasa. En primer lugar se corrige la salida de cada elemento sensor mediante un desplazamiento que es el producto de un factor común,  $x$ , y un valor de desplazamiento de carcasa individual predeterminado; a continuación, se corrige éste mediante parámetros de ganancia y desplazamiento individuales predeterminados. El factor común,  $x$ , es común a todos los elementos sensores y se determina vigilando la salida de como mínimo un elemento sensor ciego y preferentemente una columna completa de elementos sensores dentro de la carcasa, que no está o no están expuestos a la radiación procedente de la escena de interés. Una desventaja importante de este método es que requiere elementos sensores adicionales para corregir la salida del conjunto de sensores.

El documento EP0717560A describe también un sistema donde se corrigen las salidas de los elementos sensores individuales de un conjunto de sensores. Se aplica una corrección de desplazamiento individual, que es el producto de un desplazamiento y una ganancia, y se calcula de nuevo la ganancia de forma iterativa de modo

que se minimice la desviación entre las salidas medias, después de la corrección, de pares de elementos sensores adyacentes.

Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método para corregir la salida de un conjunto detector que mitigue o supere los problemas arriba indicados.

- 5 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para calcular uno o más parámetros de corrección comunes tal y como se reivindica en la reivindicación 1.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para corregir la salida de un conjunto de sensores tal y como se reivindica en la reivindicación 2.

- 10 En los métodos arriba descritos, la presente invención utiliza el principio general de que es probable que los elementos detectores adyacentes tengan entradas similares, considerados en el conjunto como un todo. Así, puede suponerse que una gran parte de la variación de salida entre elementos detectores adyacentes (es decir la variación de salida de alta frecuencia espacial) es el resultado de la no uniformidad de la respuesta más que de los elementos dentro de la imagen. Además, el ajuste se calcula directamente a partir de los datos de la imagen y puede realizarse al mismo tiempo que ésta se ve. Por consiguiente, la aplicación de uno o más  
15 parámetros de corrección comunes a los factores de corrección individuales según la presente invención minimiza las diferencias en la salida corregida procedente de elementos detectores adyacentes, lo que tiene como resultado la eliminación de una gran parte de la variación de alta frecuencia espacial y, por tanto, de la no uniformidad de la respuesta. Dado que la corrección está basada en aplicar un parámetro de corrección común a un juego conocido de factores de corrección individuales y dado que la suma de las diferencias se calcula  
20 directamente con respecto a las salidas corregidas de elementos sensores adyacentes, se minimiza el error implicado y la información descartada a la hora de realizar la corrección.

- Los juegos de factores de corrección individuales pueden incluir bien un factor de desplazamiento de corrección individual o bien un factor de escala de corrección individual, o ambos. Los juegos de factores de corrección individuales pueden guardarse en tablas. Los juegos de factores de corrección individuales pueden ser tablas 1pt  
25 y/o 2pt, tal y como se conocen en el estado actual de la técnica.

- El parámetro de corrección común puede ser un factor de escala aplicado a cada factor de corrección individual. Alternativamente, el parámetro de corrección común puede ser un desplazamiento aplicado a cada factor de corrección individual. En una realización preferente a los factores de corrección individuales se aplica una corrección común compuesta. La corrección compuesta puede comprender tanto un factor de escala como un  
30 desplazamiento.

- Cuando se calculan tanto un factor de escala como un desplazamiento, tales cálculos pueden realizarse independientemente a partir del mismo mapa de salida del conjunto. Esto es debido a que los efectos que producen las no uniformidades en ganancia y las no uniformidades en desplazamiento son esencialmente  
35 independientes unos de otros. En algunas de tales realizaciones puede calcularse un factor de escala y, a continuación, los datos corregidos por medio del factor de escala pueden utilizarse para calcular un desplazamiento, o viceversa.

- Los parámetros escalares comunes pueden calcularse empleando cualquier método adecuado para minimizar las diferencias entre elementos sensores adyacentes. Un método adecuado es calcular el parámetro de corrección común que minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias entre las salidas corregidas de  
40 elementos sensores adyacentes.

Calculando la diferencia en la salida corregida entre elementos detectores adyacentes es posible comparar las salidas de uno o más elementos detectores cercanos. Normalmente, dado que el método produce resultados suficientemente impresionantes utilizando sólo pares adyacentes de elementos sensores cercanos, no está justificada la carga de procesamiento adicional que supone utilizar dos o más elementos sensores cercanos.

- 45 La suma de los cuadrados de las diferencias en salida corregida de pares de elementos sensores adyacentes puede calcularse para todo el conjunto o para una selección de pares de elementos sensores adyacentes concretos. La selección puede estar basada en la ubicación o en un umbral concreto. El umbral puede ser un valor prefijado o puede variarse para excluir una proporción concreta de pares de elementos sensores adyacentes. El umbral varía preferentemente de manera que sólo se tenga en cuenta una proporción deseada,  
50 digamos un 50%, de pares de elementos sensores adyacentes que tengan las menores diferencias en salida.

El conjunto puede comprender cualquier forma de elementos sensores. En algunas realizaciones, puede ser un conjunto de elementos detectores de radiación. En una realización concreta, el conjunto puede ser un conjunto de elementos detectores de radiación infrarroja, tales como un microbolómetro.

En una realización preferente, el juego de factores de corrección individuales almacenados comprende un juego de parámetros de desplazamiento calculados mediante la imposición de una entrada uniforme al conjunto de sensores. En una realización para la detección de radiación, esto puede lograrse exponiendo el conjunto a una iluminación uniforme. En realizaciones preferentes existen dos o más juegos alternativos de factores de corrección individuales almacenados, calculados como se indica más arriba, tomados a diferentes temperaturas del conjunto. Preferentemente las temperaturas elegidas abarcan esencialmente todo el intervalo de funcionamiento del conjunto de sensores. En caso de operar a una temperatura diferente, el método puede implicar traducir un juego existente de factores de corrección individuales almacenados. La traducción se realiza preferentemente empleando un factor de escala. El factor de escala puede calcularse según el método de la presente invención.

Empleando juegos preinstalados de factores de corrección individuales, el método arriba indicado puede utilizarse en una cámara infrarroja sin obturador. Alternativamente, cuando el método se utiliza en una cámara que incluye un obturador, éste ha de imponerse con mucha menos frecuencia para mantener la calidad de imagen. El método arriba indicado se presta también a la utilización de una cámara infrarroja sin dispositivo Peltier u otro medio para estabilizar o vigilar directamente la temperatura del conjunto. Así, las cámaras infrarrojas que funcionan según el método de la presente invención pueden utilizar menos energía, ser más ligeras, más baratas y tener menos partes móviles que las cámaras infrarrojas convencionales.

El método puede funcionar de manera esencialmente continua para optimizar los uno o más parámetros de corrección comunes. Esto puede implicar el uso de una salida de conjunto no corregida y/o de una salida de conjunto corregida como base para calcular los uno o más parámetros de corrección comunes para la aplicación a los factores de corrección individuales en una corrección de salida de conjunto posterior. En algunas realizaciones, los parámetros de corrección comunes para la aplicación en una corrección posterior pueden calcularse en una sucesión de salidas anteriores. En tales casos, cada salida anterior puede considerarse diferencias sumadas en el conjunto como un todo o considerarse diferencias sumadas en una sección concreta del conjunto. En aquellos casos en que se consideren secciones concretas, preferentemente se utilizan diferentes secciones por turnos hasta haber considerado toda la salida del conjunto en cierto número de ciclos de salida.

El valor de cualquier parámetro de corrección común puede adaptarse de manera que el valor de los factores de corrección de desplazamiento individuales, cuando se aplica el parámetro de corrección común, promediados en todo el conjunto, es esencialmente igual a cero. Esto puede minimizar la variación en el nivel de salida global en la imagen corregida en comparación con la imagen bruta.

El método puede implicar calcular parámetros de corrección comunes para juegos alternativos de factores de corrección individuales y después seleccionar el mejor juego de factores de corrección individuales (y parámetro de corrección común) para el uso, con el fin de corregir la salida del conjunto. Estos juegos alternativos de factores de corrección individuales pueden ser juegos de factores de corrección individuales calculados a diferentes temperaturas del conjunto, tal y como se describe más arriba. El mejor juego de factores de corrección individuales (y parámetro de corrección común) para el uso puede seleccionarse determinando qué juego de factores de corrección individuales (y parámetro de corrección común) tiene la menor suma del cuadrado de las diferencias entre pares de elementos sensores adyacentes. La suma de los cuadrados de la diferencia de pares de elementos sensores adyacentes puede ser para todo el conjunto o para una selección de pares de elementos sensores adyacentes concretos. La selección puede estar basada en la ubicación o puede estar basada en un umbral concreto. El umbral puede ser un valor prefijado o puede variarse para excluir una proporción concreta de pares de elementos sensores adyacentes. El umbral se varía preferentemente de manera que sólo se tenga en cuenta una proporción deseada, digamos un 50%, de pares de elementos sensores adyacentes que tengan las menores diferencias en la salida. En un sistema detector de infrarrojos, este método puede solucionar las variaciones de temperatura del conjunto permitiendo la selección de un mejor juego de factores de corrección individuales cuando varía la temperatura del conjunto.

En tales casos, el método puede incluir un factor de histéresis en la determinación de si se ha de conmutar entre juegos de factores de corrección individuales. El factor de histéresis puede impedir la conmutación entre juegos de factores de corrección individuales a no ser que exista una variación mínima en la suma de los cuadrados de las diferencias entre dos juegos de factores de corrección individuales. Esto aumenta la estabilidad de imagen.

El método puede implicar el uso de más de dos juegos de factores de corrección individuales, estando cada juego de factores de corrección provisto de uno o más parámetros de corrección comunes. En tales circunstancias, la selección de pares de elementos sensores puede estar basada en un umbral concreto. El umbral puede ser un valor prefijado o puede variarse para excluir una proporción concreta de pares de elementos sensores adyacentes. El umbral se varía preferentemente de manera que sólo se tenga en cuenta una proporción deseada, digamos un 50%, de pares de elementos sensores adyacentes que tengan las menores diferencias en salida. En tales casos, los valores de las salidas de pares de elementos sensores rechazados pueden sustituirse por los valores respectivos de uno de los juegos de factores de corrección individuales a la hora de calcular el parámetro de corrección escalar, que minimizará la suma de los cuadrados de las diferencias en salidas corregidas entre pares de elementos sensores adyacentes. Esto permite pre-calcular un gran número

de términos implicados en el cálculo de los parámetros de corrección escalares para cada juego de factores de corrección, reduciendo la carga de procesamiento. En tales circunstancias, el cálculo no resolverá inicialmente el valor de factor del parámetro de corrección común óptimo, pero convergerá de manera iterativa al valor óptimo. Esto es satisfactorio durante el funcionamiento normal en curso. En el arranque inicial, el umbral puede mantenerse arbitrariamente grande, de manera que se incluyan en el cálculo todos los elementos sensores. Esto permite mejorar el rendimiento en el arranque inicial.

5

Según un tercer aspecto de la presente invención se proporciona un conjunto de sensores y una unidad de procesamiento conectada al mismo, pudiendo la unidad de procesamiento operar según los métodos arriba indicados.

10

El conjunto de sensores y la unidad de procesamiento del tercer aspecto de la presente invención pueden incluir, según se desee o sea adecuado, cualquiera de las características de los dos primeros aspectos de la presente invención, o todas ellas.

El conjunto de sensores puede comprender cualquier forma de elementos sensores. En algunas realizaciones, puede ser un conjunto de elementos detectores de radiación. En una realización concreta, el conjunto de sensores puede ser un conjunto de elementos detectores de radiación infrarroja, tales como un microbolómetro.

15

El conjunto de sensores puede estar previsto en un único circuito integrado. La unidad de procesamiento puede estar prevista en el mismo circuito integrado que el conjunto detector o en un circuito integrado separado. La unidad de procesamiento puede ser un procesador de señales digitales (DSP), un bloque de conjunto de puertas programable *in situ* (FPGA) o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) dedicado.

20

El conjunto puede comprender cualquier forma de elementos sensores. En algunas realizaciones, puede ser un conjunto de elementos detectores de radiación. En una realización concreta, el conjunto puede ser un conjunto de elementos detectores de radiación infrarroja, tales como un microbolómetro.

Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona una cámara infrarroja que incluye un conjunto de sensores según el tercer aspecto de la presente invención.

25

La cámara infrarroja del cuarto aspecto de la presente invención puede incluir, según se desee o sea adecuado, cualquiera de las características de los tres primeros aspectos de la presente invención, o todas ellas.

La cámara puede estar provista de un obturador.

Según un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un radiómetro que incluye un conjunto de sensores según el cuarto aspecto de la presente invención.

30

El radiómetro del quinto aspecto de la presente invención puede incluir, según se desee o sea adecuado, cualquiera de las características de los tres primeros aspectos de la presente invención, o todas ellas.

El radiómetro puede estar provisto de un obturador.

Con el fin de que la invención pueda comprenderse más claramente, a continuación se describen en detalle los principios y ejemplos específicos de implementación, únicamente a modo de ilustrativo y en referencia a las figuras adjuntas, en las que:

35

Figura 1a: organigrama que ilustra el proceso de generar una tabla 1pt para la corrección por el método de la presente invención;

Figura 1b: organigrama que ilustra el proceso de generar una tabla 2pt para la corrección por el método de la presente invención;

40

Figura 2: organigrama que ilustra el proceso de corregir una imagen capturada según una implementación del método de la presente invención.

Un microbolómetro comprende un conjunto de elementos sensores o "píxeles", cada uno de ellos individualmente sensible a la radiación infrarroja. Cada píxel consiste en un "puente" que está aislado térmicamente y compuesto de un material resistivo, que se calienta con la radiación incidente. La resistencia del puente varía con su temperatura y la variación de su resistencia se utiliza para generar una salida relacionada con la intensidad de la radiación incidente. En un mundo perfecto, una imagen puede generarse directamente a partir de las salidas de cada píxel en el conjunto. Sin embargo, en la práctica, existen importantes no uniformidades en la respuesta de cada píxel y es necesario procesar posteriormente las salidas para generar una imagen precisa.

45

50

Normalmente, las no uniformidades más importantes resultan de variaciones en la resistencia (debido a diferencias en el tamaño/forma de los píxeles) y la absorción de la luz (debido a la variación dimensional en la

estructura de los píxeles). Las variaciones de la resistencia también guardan proporción con la temperatura del conjunto. Dado que los efectos de la resistencia y los de la absorción de la luz son independientes, las correcciones para cada efecto pueden calcularse a partir del mismo juego de datos.

- 5 Como se describe más arriba, en el estado actual de la técnica estas no uniformidades se solucionan por medio de factores de corrección individuales a aplicar a las salidas de cada píxel en la imagen. Generalmente, la corrección utilizada prevé un desplazamiento constante (1pt) y una corrección de ganancia lineal (2pt). Así pues, para cada píxel, la cámara calcula una salida normalizada  $O_N$  a partir de una salida bruta  $O_R$  de la forma:

$$O_N = 2pt * O_R + 1pt$$

- 10 El término 1pt está relacionado con la no uniformidad de resistencia y el término 2pt está relacionado con la variación en la absorción. Como se describe más arriba, en el estado actual de la técnica, una tabla 1pt nueva se crea imponiendo un obturador delante del sensor para crear una iluminación uniforme. En estas condiciones, la salida para cada píxel se resta de la salida producida cuando se ve la escena sin el bloque. En cambio, la tabla 2pt se genera como un calibrado semipermanente exponiendo el conjunto a una iluminación con dos intensidades uniformes diferentes, calculándose el término de ganancia a partir de la diferencia de los valores de salida.

- 15 Centrando ahora nuestra atención en la figura 1a, en la presente invención el conjunto se expone a una iluminación uniforme a la misma temperatura que el conjunto para generar una tabla 1pt como se indica más arriba. Esto implica estabilizar el conjunto a una temperatura baja dentro del intervalo de funcionamiento (T1), exponer el conjunto a un objeto uniforme también a T1 y capturar una imagen ICT1, como se muestra en los pasos 101-103. Esto puede repetirse tantas veces como sea necesario a una o más temperaturas superiores (T2, ...) dentro del intervalo de funcionamiento, para capturar múltiples imágenes de temperatura diferentes (ICT2, ...) en el paso 104. Lo ideal es que las temperaturas utilizadas representen esencialmente todo el intervalo de temperaturas de funcionamiento. Dado que las resistencias de los píxeles se hallan principalmente en una relación fija unas con respecto a otras, el cambio primario en la imagen 1pt con la temperatura es escalar. Así, es posible construir una tabla 1pt para una temperatura arbitraria graduando una tabla 1pt almacenada para una temperatura previamente almacenada, preferentemente próxima a la temperatura arbitraria. Esto permite el funcionamiento a temperaturas para las que no hay una tabla 1pt previamente almacenada. Como ya se ha indicado, en la presente invención se utiliza una transformación escalar o interpolación lineal, pero la invención no excluye el uso de otras interpolaciones más complejas si es necesario o se desea.

- 20 Normalmente, la tabla 1pt se almacena como un calibrado semipermanente. Teóricamente es posible utilizar una única imagen de temperatura como base para la tabla 1pt; sin embargo, en la práctica esto no da buenos resultados. La alternativa práctica es crear y almacenar una pluralidad de tablas 1pt a lo largo del intervalo de temperaturas de funcionamiento durante el calibrado y seleccionar la tabla 1pt más próxima para el uso en cualquier momento concreto.

- 35 Centrando ahora nuestra atención en la figura 1b, el conjunto se expone a objetos uniformes a dos temperaturas diferentes: una temperatura baja T1 y una temperatura alta T2. Lo ideal es que las temperaturas T1 y T2 representen básicamente todo el intervalo de temperaturas de funcionamiento, pudiendo ser las mismas temperaturas que las utilizadas para generar la tabla 1pt. Se capturan un par de imágenes ITT1 e ITT2, una a cada temperatura, como se muestra en los pasos 201-204. El método implica crear a continuación un mapa de diferencias restando ITT1 de ITT2 para generar la tabla 2pt en el paso 205.

- 40 En uso se captura una imagen utilizando el conjunto. A las salidas del conjunto debe aplicárseles una corrección basada en la tabla 1pt. Para solucionar el nivel instantáneo de no uniformidad, la corrección misma se corrige aplicando un parámetro de corrección común a cada uno de los valores de la tabla 1pt. En la presente invención, se determina un parámetro de corrección común en forma de un factor de escala calculando el factor de escala que minimice la suma de las diferencias entre píxeles adyacentes del conjunto, sumadas para todo el conjunto. Opcionalmente, el método implica entonces, además, aplicar una corrección común adicional basada en la tabla 2pt, corrigiéndose la corrección misma, para solucionar el nivel instantáneo de no uniformidad, mediante la aplicación de un parámetro de corrección común en forma de un factor de escala a la tabla 2pt. De nuevo, en la presente invención, el factor de escala para la tabla 2pt se determina también calculando el factor de escala que minimice la suma de las diferencias entre píxeles adyacentes del conjunto, sumadas para todo el conjunto. A continuación se visualiza la imagen corregida resultante.

Normalmente, el cálculo del factor de escala que minimiza la suma de las diferencias entre píxeles adyacentes del conjunto se lleva a cabo calculando los valores medios cuadráticos mínimos en base a las sumas de las diferencias entre las salidas de píxeles adyacentes. Esto se ilustra en el ejemplo siguiente, donde las salidas

brutas de los píxeles a y b son  $O_a$  y  $O_b$  y las tablas 1pt para los píxeles a y b son  $1pt_a$  y  $1pt_b$ . Así, la salida corregida (incluyendo el factor de escala S) para cada píxel se determina mediante  $O_a + S*1pt_a$  y  $O_b + S*1pt_b$  respectivamente. Por consiguiente, para hallar el S que minimice la diferencia de los cuadrados de las salidas de a y b una vez aplicada la corrección, debe minimizarse la suma siguiente:

$$((O_a + S*1pt_a) - (O_b + S*1pt_b))^2$$

5

Multiplicar:

$$((O_a - O_b) + S*(1pt_a - 1pt_b))^2$$

$$(O_a - O_b)^2 + 2*S*((O_a - O_b)*(1pt_a - 1pt_b)) + S^2*(1pt_a - 1pt_b)^2$$

Minimizar esta diferencia en S e igualación a 0:

$$0 = 2*(O_a - O_b)*(1pt_a - 1pt_b) + 2*S*(1pt_a - 1pt_b)^2$$

10

De lo que resulta:

$$S = \frac{(O_a - O_b) * (1pt_a - 1pt_b)}{(1pt_a - 1pt_b)^2}$$

15

Esta corrección de factor de escala podría sustituirse directamente para la tabla 1pt utilizada en el estado actual de la técnica. Suponiendo que la tabla 2pt recoja perfectamente las variaciones de ganancia de los píxeles individuales, la no uniformidad introducida con el cambio del nivel absoluto de la tabla 1pt es un escalar de la tabla 2pt. En esencia,

$$O_N = 2pt*(O_R - 1pt)$$

El cambio del nivel absoluto de 1pt mediante desplazamiento (offset) da la nueva salida  $O'$ , siendo

$$O_N' = 2pt*(O_R - 1pt + offset)$$

$$O_N' = 2pt*(O_R - 1pt) + 2pt*offset$$

$$O_N' = O_N + 2pt*offset$$

20

La salida se modifica mediante  $2pt*offset$ , que es un escalar de la tabla 2pt. Así, realizando un cálculo de valores medios cuadráticos mínimos en la diferencia de las salidas de elementos detectores adyacentes de lo anterior, puede generarse un parámetro de desplazamiento común y también aplicar éste a la tabla 1pt para mejorar la imagen.



El método de la presente invención tiene la ventaja de que puede implementarse en una cámara sin necesidad de un obturador o sin necesidad de un dispositivo Peltier para mantener la temperatura del conjunto o de un termistor para vigilar dicha temperatura. Así, la cámara puede comprender menos componentes, lo que significa que es más ligera, consume menos energía y resulta más barata de fabricar. Adicionalmente, la omisión del obturador reduce el número de partes móviles, mejorando así la vida útil potencial. Otra ventaja es que el conjunto y la unidad de procesamiento pueden preverse en un único circuito integrado, reduciéndose aún más el coste de fabricación.

En realizaciones prácticas puede no obstante conservarse el obturador para proporcionar una manera sencilla de generar nuevas tablas 1pt periódicamente. Sin embargo, dado el método de la presente invención, es posible alargar notablemente el intervalo de tiempo entre usos sucesivos del obturador en comparación con el estado actual de la técnica.

A continuación se expone una derivación de otra implementación de la presente invención. En esta implementación, cada factor individual de la tabla 1pt se ajusta mediante una traducción lineal común (factor de escala (M) y desplazamiento (C)). Los valores ajustados en la tabla 1pt ajustada, A1pt, vienen dados por:

$$A1pt_{i,j} = M * 1pt_{i,j} + C$$

siendo M y C constantes en toda la tabla.

A continuación, la tabla 1pt ajustada A1pt se aplica a las salidas  $O_{R_{i,j}}$  de cada elemento del conjunto, para generar salidas corregidas  $O_{N_{i,j}}$  con el fin de crear una imagen corregida. Así:

$$O_{N_{i,j}} = (O_{R_{i,j}} - A1pt_{i,j}) * 2pt_{i,j}$$

Sustituyendo:

$$O_{N_{i,j}} = (O_{R_{i,j}} - M * 1pt_{i,j} - C) * 2pt_{i,j}$$

La diferencia D entre las salidas  $O_{R_1}$ ,  $O_{R_2}$  de dos píxeles  $p_1$ ,  $p_2$  viene dada por:

$$D = (O_{R_1} - M * 1pt_1 - C) * 2pt_1 - (O_{R_2} - M * 1pt_2 - C) * 2pt_2$$

Transponiendo términos:

$$D = (O_{R_1} * 2pt_1 - O_{R_2} * 2pt_2) - M * (1pt_1 * 2pt_1 - 1pt_2 * 2pt_2) - C * (2pt_1 - 2pt_2)$$

Con vistas a una mayor claridad, pueden realizarse las siguientes sustituciones:

$$\Delta P = (O_{R_1} * 2pt_1 - O_{R_2} * 2pt_2);$$

$$\Delta 1P = (1pt_1 * 2pt_1 - 1pt_2 * 2pt_2);$$

y

$$\Delta 2P = (2pt_1 - 2pt_2)$$

lo que deja:

$$D = \Delta P - M \cdot \Delta 1P - C \cdot \Delta 2P$$

El cuadrado de la diferencia D es:

$$D^2 = \Delta P^2 + M^2 \cdot \Delta 1P^2 + C^2 \cdot \Delta 2P^2 - 2 \cdot \Delta P \cdot M \cdot \Delta 1P - 2 \cdot \Delta P \cdot C \cdot \Delta 2P + 2 \cdot M \cdot \Delta 1P \cdot C \cdot \Delta 2P$$

- 5 Esta derivación proporciona el valor de la diferencia entre las salidas de un par de píxeles. Con el fin de despejar M y C hemos de considerar el cuadrado acumulado de las diferencias para todos los pares de píxeles. Esto puede lograrse para una población de píxeles sumando cada término en toda la población:

$$\begin{aligned} \sum D^2 = & \sum (\Delta P^2) + M^2 \cdot \sum (\Delta 1P^2) + C^2 \cdot \sum (\Delta 2P^2) - 2 \cdot M \cdot \sum (\Delta P \cdot \Delta 1P) - \\ & 2 \cdot C \cdot \sum (\Delta P \cdot \Delta 2P) + 2 \cdot M \cdot C \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P) \end{aligned}$$

Para minimizar en M se deriva respecto a M y se iguala a cero:

$$0 = M \cdot \sum (\Delta 1P^2) - \sum (\Delta P \cdot \Delta 1P) + C \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P)$$

- 10 Para minimizar en C se deriva con respecto a C y se iguala a cero:

$$0 = C \cdot \sum (\Delta 2P^2) - \sum (\Delta P \cdot \Delta 2P) + M \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P)$$

Así, ahora es posible establecer un par de ecuaciones simultáneas, que pueden resolverse algebraicamente:

$$M = \frac{\sum (\Delta 2P^2) \cdot \sum (\Delta P \cdot \Delta 1P) - \sum (\Delta P \cdot \Delta 2P) \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P)}{\sum (\Delta 2P^2) \cdot \sum (\Delta 1P^2) - \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P) \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P)}$$

$$C = \frac{\sum (\Delta 1P^2) \cdot \sum (\Delta P \cdot \Delta 2P) - \sum (\Delta P \cdot \Delta 1P) \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P)}{\sum (\Delta 2P^2) \cdot \sum (\Delta 1P^2) - \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P) \cdot \sum (\Delta 1P \cdot \Delta 2P)}$$

- 15 Aunque estas ecuaciones parecen un tanto formidables, sólo han de calcularse 5 términos acumulados, cada uno de los cuales es el producto de simples multiplicaciones o diferencias, es decir que el número de cálculos es linealmente proporcional al número de píxeles procesados. Esto proporciona así un factor de escala común y un desplazamiento común que, si se aplica a la tabla 1pt, corrige variaciones no deseadas en la salida entre elementos individuales del conjunto.
- 20 Los valores de M y C pueden calcularse en cierto número de imágenes, por ejemplo procesando una banda de píxeles para cada fotograma sucesivo. Esto puede reducir la carga de procesamiento en comparación con un nuevo cálculo completo y es posible porque la degradación de la imagen debida a la actualización necesaria de los factores en la tabla 1pt sucede con la suficiente lentitud como para permitir la aplicación de actualizaciones a una velocidad muy por debajo de la frecuencia de imagen de la cámara.
- 25 Aunque las constantes M y C son globales, en la práctica es mejor considerar sólo los pares de píxeles adyacentes que tengan las menores diferencias en la imagen de salida. Los pares de píxeles adyacentes que más coincidan pueden seleccionarse en referencia a un valor umbral de diferencia. Los pares de píxeles

adyacentes que tengan una diferencia por encima del valor umbral se eliminan del cálculo de M y C. El umbral puede estar prefijado en un valor concreto o puede aumentarse o disminuirse según sea necesario. Normalmente, el umbral puede ser ajustable, de manera que un porcentaje concreto deseado, digamos un 50%, de los pares de píxeles adyacentes tengan una diferencia por debajo del umbral. La utilización de los pares de píxeles adyacentes que más coinciden tiene la ventaja de disminuir la probabilidad de que la diferencia entre píxeles adyacentes se deba a características de la imagen real.

Aunque la transformación lineal actualizada puede aplicarse a los valores de la tabla 1pt de manera permanente, es decir modificando y almacenando los valores modificados como una nueva tabla 1pt, a veces es más conveniente mantener la tabla original y calcular 'al vuelo' nuevos valores ajustados.

Esto se ilustra esquemáticamente en el organigrama de la figura 2. Aquí, el primer paso 301 es la captura de una imagen bruta inicial. Utilizando el método del umbral arriba descrito, en el paso 302 se realiza una selección de pares de píxeles adyacentes a partir de la imagen visualizada actual y, a continuación, en el paso 303, se utilizan estos pares de píxeles seleccionados para calcular los valores de C y M a utilizar en el siguiente ciclo. El método continúa ahora con el paso 304, en el que las correcciones de C y M se aplican a la tabla 1pt y las correcciones de 1pt y 2pt modificadas (incluyendo los valores C y M) se aplican a la imagen bruta, generando, en el paso 305, una imagen corregida. A continuación, el método vuelve al paso 301, repitiéndose el proceso.

En esta corrección puede lograrse una mejora adicional corrigiendo la variación de la luminosidad en la imagen corregida fotograma a fotograma como resultado de la variación en M y C. Esto puede lograrse ajustando el valor inicial de M a 1 y calculando el valor inicial necesario del desplazamiento C de tal manera que la media global de todos los factores individuales en la tabla 1pt sea 0. En tales circunstancias, si se suma de nuevo C a la salida corregida, después de los cálculos de corrección arriba indicados, la salida corregida viene dada por:

$$O_{Ni,j} = (O_{Ri,j} - M * 1pt_{i,j} - C) * 2pt_{i,j} + C$$

Lo importante es que, en tales circunstancias, la variación en los valores M o C no cambiará el valor medio global de las salidas corregidas del conjunto. Esto se debe a que el valor medio de la tabla 1pt es 0 y el valor medio de la tabla 2pt es 1. Aunque esto no es necesario para solucionar la no uniformidad en la imagen, impide que parezca que su luminosidad cambie con cada nuevo valor calculado de M y C.

Al igual que la implementación anterior, este método tiene la ventaja de que puede implementarse en una cámara sin necesidad de un obturador o sin necesidad de un dispositivo Peltier para mantener la temperatura del conjunto o de un termistor para vigilar su temperatura. Así, la cámara puede comprender menos componentes, lo que significa que es más ligera, consume menos energía y resulta más barata de fabricar. Adicionalmente, la omisión del obturador reduce el número de partes móviles, mejorando así la vida útil potencial. Otra ventaja es que el conjunto y la unidad de procesamiento pueden preverse en un único circuito integrado, reduciéndose aún más el coste de fabricación.

No obstante, en realizaciones prácticas puede conservarse el obturador para proporcionar una manera sencilla de generar nuevas tablas 1pt periódicamente. Sin embargo, dado el método de la presente invención, es posible alargar notablemente el intervalo de tiempo entre usos sucesivos del obturador en comparación con el estado actual de la técnica.

La principal razón de la variación en los factores de la tabla 1pt es que haya cambiado la temperatura del conjunto. Una forma de manejar esta variación es crear y almacenar una pluralidad de tablas 1pt (realmente imágenes de obturador) en el intervalo de temperaturas de funcionamiento durante el calibrado. Después, puede seleccionarse como base para la corrección la tabla 1pt más próxima a la temperatura de funcionamiento. La tabla puede seleccionarse vigilando la temperatura del conjunto o calculando la tabla 1pt que minimice la suma del cuadrado de las diferencias en la salida corregida entre pares de píxeles adyacentes seleccionados del conjunto. A continuación pueden realizarse otros ajustes de acuerdo con la implementación arriba descrita para lograr un ajuste fino de la tabla con el fin de conseguir una calidad de imagen aceptable.

Si se dispone de una pluralidad de tablas 1pt, una vez que hay un cambio entre una tabla 1pt y otra, según cambia la temperatura del conjunto, habrá un cambio en la calidad de imagen que requerirá cierto tiempo para asentarse. En particular este es el caso cuando se utiliza el umbral en la selección de pares de píxeles adyacentes adecuados, dado que la selección de pares de píxeles adyacentes variará, lo que a su vez cambia la calidad de la imagen. Esto no es aceptable si puede observarse fácilmente en la imagen corregida.

Este problema se resuelve calculando C y M tanto para la tabla 1pt actualmente adecuada como para una o más tablas estrechamente relacionadas simultáneamente. A continuación pueden cambiarse simultáneamente la tabla 1pt seleccionada y los valores C y M de manera que la calidad de la imagen siga siendo óptima. Los criterios para el cambio de tabla pueden estar basados en la temperatura medida del conjunto. Adicional o alternativamente, los criterios pueden estar basados en la selección de la tabla 1pt que tenga la menor suma de

los cuadrados de las diferencias entre pares de píxeles adyacentes (el término  $D^2$  que aparece en la derivada). En cualquier caso, se emplea un factor de histéresis para impedir un cambio reiterado entre tablas 1pt en zonas límite.

5 Aunque esto soluciona el problema arriba indicado, lo hace a costa de una carga de procesamiento mayor. Sin embargo, como ya se ha explicado más arriba, muchos de los aspectos de esta implementación permiten reducir la carga de procesamiento, por lo que la carga de procesamiento en total puede aún ser menor que la prevista en el estado actual de la técnica.

10 Un planteamiento alternativo, que puede evitar el problema arriba indicado, es ampliar el número de tablas diferentes de factores de corrección utilizadas simultáneamente en el proceso de adaptación. De hecho, si el número de tablas coincide con el número real de parámetros escalares lineales que afectan a la salida física del sistema de píxeles, sólo es necesario este número de tablas para corregir la salida de la cámara en todas las condiciones. Por ejemplo, la resistencia eléctrica de cada píxel individual podría ser una variable física que contribuya a la no uniformidad del conjunto, pero la circuitería eléctrica de lectura podría introducir también ganancia y desplazamiento (realmente dos parámetros adicionales) por píxel. En un sistema así sólo se  
15 requieren tres tablas para corregir la no uniformidad en todas las condiciones. Más abajo se ilustra a grandes rasgos una derivación general de este método.

20 En lo que sigue, supongamos que:  $i$  es el valor de salida de píxel corregido;  $p$  es el valor de salida de píxel bruto;  $t_1, t_2, t_3, \dots$  son las tablas de corrección; y  $f_1, f_2, f_3, \dots$  son los parámetros de corrección comunes (en este ejemplo factores de escala) a aplicar a los valores de las tablas de corrección respectivas. Además, supongamos que la adición de  $'$  significa que un parámetro o variable se refiere a un píxel adyacente. Entonces

$$i = p - f_1 * t_1 - f_2 * t_2 - f_3 * t_3 - \dots$$

y

$$i' = p' - f_1 * t_1' - f_2 * t_2' - f_3 * t_3' - \dots$$

La diferencia entre las salidas corregidas de píxeles adyacentes es:

$$i - i' = (p - p') - f_1 * (t_1 - t_1') - f_2 * (t_2 - t_2') - f_3 * (t_3 - t_3') - \dots$$

25

Al igual que en el planteamiento anterior, la invención implicar calcular los factores de escala adecuados para minimizar la suma del cuadrado de la diferencia en salidas corregidas entre píxeles adyacentes, es decir minimizar:

$$\sum ((p - p') - f_1 * (t_1 - t_1') - f_2 * (t_2 - t_2') - f_3 * (t_3 - t_3') - \dots)^2$$

30 Sustituyendo los términos siguientes:

$$P = (p - p'); T_1 = (t_1 - t_1'); T_2 = (t_2 - t_2'); T_3 = (t_3 - t_3'); \dots$$

La suma a minimizar puede escribirse

$$\sum P^2 + f_1^2 * \sum T_1 * T_1 + f_2^2 * \sum T_2 * T_2 - 2 * f_2 * \sum T_2 * P + 2 * f_1 * f_2 * \sum T_1 * T_2 \dots$$

35 Para despejar cada factor de escala individual ( $f_1, f_2, f_3, \dots$ ) es necesario derivar lo anterior con respecto a cada factor de escala ( $f_1, f_2, f_3, \dots$ ) y llevar a cero las sumas derivadas resultantes. Por ejemplo, la derivada con respecto a  $f_1$  da:

$$0 = 2 * f_1 * \sum T_1 * T_1 - 2 * \sum T_1 * P + 2 * f_2 * \sum T_1 * T_2 \dots$$

Tansponiendo los términos:

$$\sum T_1 * P = f_1 * \sum T_1 * T_1 + f_2 * \sum T_1 * T_2 \dots$$

Repitiendo lo anterior para cada factor de escala ( $f_1, f_2, f_3, \dots$ ) sucesivamente se obtiene una ecuación lineal adicional para cada factor:

$$\sum T_1 * P = f_1 * \sum T_1 * T_1 + f_2 * \sum T_1 * T_2 \dots;$$

$$\sum T_2 * P = f_1 * \sum T_2 * T_2 + f_2 * \sum T_2 * T_1 \dots;$$

5 etc.

Por consiguiente, se obtiene un juego de ecuaciones lineales simultáneas que puede resolverse analíticamente para cada factor de escala ( $f_1, f_2, f_3, \dots$ ). Este planteamiento puede ampliarse para cubrir tantas tablas (y parámetros de corrección escalares asociados) como sea necesario.

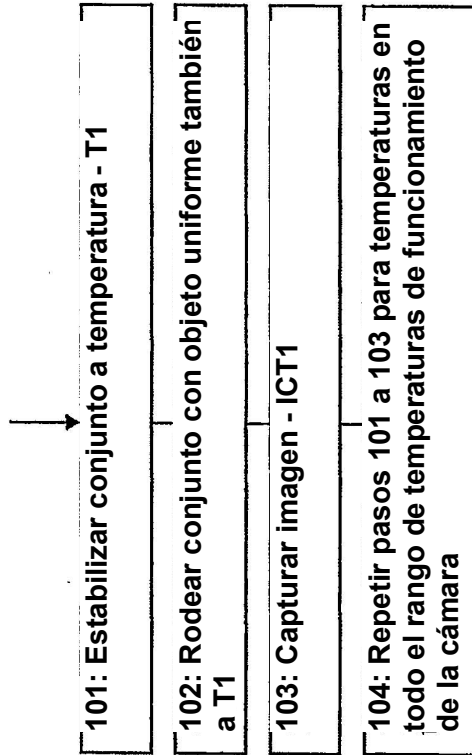
- 10 Con el fin de implementar este planteamiento en la práctica deben realizarse cierto número de multiplicaciones para cada píxel. Los resultados de las multiplicaciones se suman y se sustituyen en las ecuaciones simultáneas arriba mencionadas. A continuación pueden resolverse las ecuaciones simultáneas para determinar los factores. Este planteamiento se presta a una implementación sencilla en la electrónica, es decir como código DSP, bloques FPGA o en un ASIC dedicado.
- 15 La desventaja de añadir tablas adicionales es que aumenta el número de multiplicaciones sumadas. Para N tablas, el número de multiplicaciones sumadas es  $(N+3)*N/2$ . Así, para cuatro tablas son catorce los términos de multiplicación sumados. Además, si esto se aplica a una selección de umbral de pares de píxeles que tengan una variación mínima entre sí, dado que la selección de umbral puede variar de fotograma en fotograma, es absolutamente imposible precalcular ninguna de las multiplicaciones sumadas.
- 20 Esto puede superarse si es tolerable una solución iterativa, lo que generalmente es así. En tales casos, los valores para los pares de píxeles brutos rechazados (por encima del umbral) pueden sustituirse por valores predichos a partir de los factores escalares actuales. En la práctica, esto puede lograrse sustituyendo los valores 1pt actuales por los valores brutos de los píxeles rechazados. Con esta sustitución, el cálculo puede incluir todos los píxeles, en todo momento, lo que significa que pueden precalcularse todos los productos vectoriales de la tabla. Esta simplificación reduce el número de multiplicaciones sumadas requeridas para N. La consecuencia es que el cálculo no encuentra el valor óptimo cada vez, pero converge al mismo. Esto es satisfactorio durante el funcionamiento normal en curso. Para mejorar el rendimiento inicial en el arranque, el umbral puede mantenerse arbitrariamente grande, de manera que se incluyan en el cálculo todos los píxeles, con lo cual el resultado es exacto para ese ciclo.
- 30 Debe entenderse por supuesto que la invención no está limitada a los detalles de las realizaciones arriba indicadas, que se han descrito sólo a modo de ejemplo.

## REIVINDICACIONES

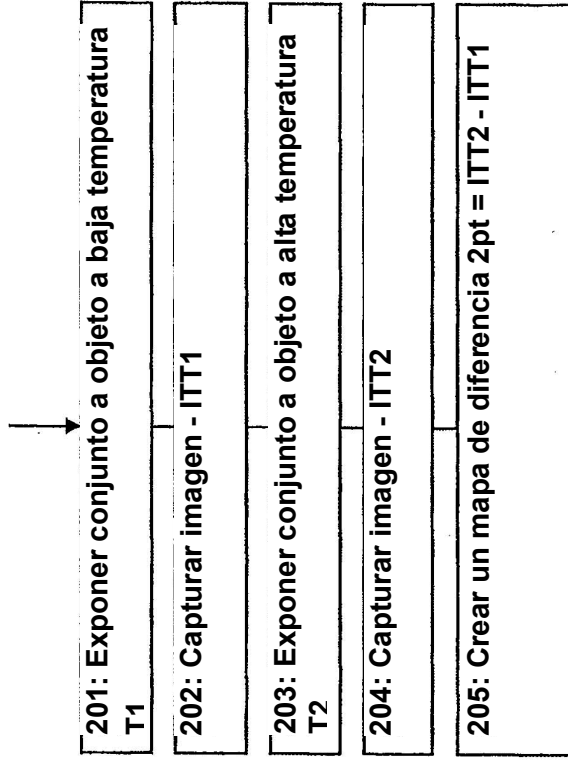
1. Método para calcular parámetros de corrección comunes que comprenden un único factor de corrección común (M, S) y/o un único desplazamiento de corrección común (O) para un juego de parámetros de corrección individuales, comprendiendo cada elemento de dicho juego de parámetros de corrección individuales un factor de escala de corrección individual (2pt) y/o un desplazamiento de corrección individual (1pt) para un elemento sensor en un conjunto de sensores que puede hacerse funcionar para capturar una imagen, comprendiendo el método el paso de determinar los parámetros de corrección comunes de manera que se minimicen las diferencias entre las salidas corregidas de elementos sensores adyacentes en el conjunto cuando cada uno de los parámetros de corrección comunes se aplica de la misma manera a cada elemento del juego de parámetros de corrección individuales antes de utilizar cada uno de éstos sucesivamente para corregir la salida de un elemento sensor, y determinándose los parámetros de corrección comunes de manera que se minimice una suma de los cuadrados de las diferencias entre las salidas corregidas de elementos sensores adyacentes sumadas bien para todo el conjunto de sensores o bien para una parte del mismo.
2. Método para corregir la salida de un conjunto de sensores que comprende: aplicar una corrección a cada elemento del conjunto, comprendiendo la corrección parámetros de corrección comunes que se aplican de la misma manera a cada uno de un juego de parámetros de corrección individuales predeterminados antes de utilizar cada uno de los parámetros de corrección individuales sucesivamente para corregir la salida de un elemento sensor del conjunto, y calculándose los parámetros de corrección comunes según el método de la reivindicación 1.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, en caso de que los parámetros de corrección comunes comprendan tanto un factor de corrección común (M, S) como un desplazamiento de corrección común (O), el factor de corrección común (M, S) y el desplazamiento de corrección común único (O) se calculan independientemente a partir del mismo mapa de salidas del conjunto mediante los pasos siguientes: calcular el factor de corrección común (M, S) y, a continuación, los datos corregidos empleando el factor de corrección común (M, S) se utilizan para calcular el desplazamiento de corrección común (O); o calcular el desplazamiento de corrección común (O) y, a continuación, los datos corregidos mediante el uso del desplazamiento de corrección común (O) se utilizan para calcular el factor de corrección común (M, S).
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la suma de los cuadrados de las diferencias en salida corregida de pares de elementos sensores adyacentes se calcula para una selección de pares de elementos sensores adyacentes concretos, estando la selección basada en la ubicación o en un umbral concreto, de manera que sólo se tienen en cuenta pares de elementos sensores adyacentes con las menores diferencias en la salida.
5. Método según la reivindicación 4, caracterizado porque el umbral es un valor prefijado o porque el umbral varía para excluir una proporción concreta de pares de elementos sensores adyacentes.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el juego de parámetros de corrección individuales almacenado comprende uno o más juegos de parámetros de desplazamiento calculados mediante la imposición de una entrada uniforme al conjunto de sensores, donde, si hay dos o más juegos de parámetros de corrección individuales almacenados, éstos se calculan a diferentes temperaturas del conjunto y donde las temperaturas elegidas abarcan esencialmente todo el intervalo de funcionamiento del conjunto de sensores.
7. Método según la reivindicación 6, que, en caso de funcionamiento a una temperatura que difiere de las temperaturas a las que se calculan los parámetros de corrección individuales almacenados, implica la interpolación, de manera lineal o de otra manera, de un juego de parámetros de corrección individuales almacenados, calculados a una primera temperatura, a la temperatura de funcionamiento.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el método opera esencialmente de manera continua para optimizar los parámetros de corrección comunes empleando una salida de conjunto no corregida y/o una salida de conjunto corregida como base para calcular los parámetros de corrección comunes para la aplicación a los parámetros de corrección individuales en una corrección de salida de conjunto posterior.
9. Método según la reivindicación 8, caracterizado porque los parámetros de corrección comunes para la aplicación en una corrección subsiguiente se calculan en una sucesión de salidas anteriores, donde cada salida anterior considera bien las diferencias sumadas en el conjunto como un todo o bien las diferencias sumadas en una sección concreta del conjunto y donde se utilizan diferentes secciones por turnos hasta haber considerado toda la salida del conjunto en cierto número de ciclos de salida.

10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los parámetros de corrección individuales están adaptados de manera que el valor medio de los desplazamientos de corrección individuales (1pt) en todo el conjunto, cuando se aplican los parámetros de corrección comunes, es esencialmente igual a cero.
- 5 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que implica calcular parámetros escalares para juegos alternativos de parámetros de corrección individuales calculados a diferentes temperaturas del conjunto según el método de la reivindicación 6 y a continuación seleccionar el mejor juego de parámetros de corrección individuales (y parámetro de corrección común) a utilizar para la corrección de la salida del conjunto.
- 10 12. Método según la reivindicación 11, caracterizado porque el mejor juego de parámetros de corrección individuales (y parámetro de corrección común) a utilizar se selecciona determinando qué juego de parámetros de corrección individuales (y parámetro de corrección común) tiene la menor suma del cuadrado de las diferencias entre pares de elementos sensores adyacentes.
- 15 13. Método según la reivindicación 12, caracterizado porque la suma de los cuadrados de las diferencias en la salida corregida de pares de elementos sensores adyacentes se calcula bien en todo el conjunto o bien en una selección de pares de elementos sensores adyacentes concretos y donde la selección está basada en la ubicación o en un umbral concreto para tener en cuenta sólo pares de elementos sensores adyacentes con las menores diferencias en la salida.
- 20 14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque incluye un factor de histéresis en la determinación de si se ha de conmutar entre juegos de parámetros de corrección individuales.
15. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que implica utilizar más de dos juegos de parámetros de corrección individuales, estando cada juego de parámetros de corrección provisto de parámetros de corrección comunes.
- 25 16. Método según la reivindicación 15, caracterizado porque, en caso de que se seleccionen pares de elementos sensores adyacentes a partir de un umbral para calcular el parámetro de corrección común que minimizará la suma de los cuadrados de las diferencias en las salidas corregidas entre pares de elementos sensores adyacentes, los valores de las salidas de los pares de elementos sensores rechazados se sustituyen por los valores actuales respectivos de los parámetros de corrección individuales con los parámetros de corrección comunes actuales aplicados, y donde durante el arranque inicial el umbral se mantiene arbitrariamente grande de manera que se incluyan en el cálculo todos los elementos sensores.
- 30 17. Aparato que comprende un conjunto de sensores y una unidad de procesamiento conectada al mismo, donde la unidad de procesamiento puede operar de acuerdo con el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 35 18. Aparato según la reivindicación 17, caracterizado porque el conjunto es un conjunto de elementos detectores de radiación infrarroja.
- 40 19. Aparato según la reivindicación 17 o la reivindicación 18, caracterizado porque el conjunto de sensores está previsto en un único circuito integrado y porque la unidad de procesamiento está prevista en el mismo circuito integrado que el conjunto detector o está prevista en un circuito integrado separado con respecto al conjunto detector.
20. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, caracterizado porque la unidad de procesamiento es un procesador de señales digitales (DSP), un bloque de conjunto de puertas programable in situ (FPGA) o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) dedicado.
- 45 21. Cámara infrarroja que comprende un conjunto de sensores y una unidad de procesamiento conectada al mismo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20.
22. Radiómetro que comprende un conjunto de sensores y una unidad de procesamiento conectada al mismo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20.

**Figura 1a - Tabla 1<sub>pt</sub>**



**Figura 1b - Tabla 2<sub>pt</sub>**





**Figura 2 - Corrección de imagen utilizando 2 tablas**

