

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 732**

51 Int. Cl.:

H04N 5/374 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2017 E 17158608 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3217649**

54 Título: **Sensor de imágenes por desfase temporal e integración ampliada**

30 Prioridad:

11.03.2016 FR 1600405

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

08.10.2019

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**PIGOUCHE, OLIVIER;
RENARD, CHRISTOPHE;
LEMASSON, FRANCK;
LECONTE, PATRICK y
LEYRE, XAVIER**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 726 732 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

Sensor de imágenes por desfase temporal e integración ampliada

La invención trata sobre un sensor de imágenes del tipo denominado "por desfase temporal e integración" (TDI, del inglés "Time Delay and Intégration"). Un sensor de este tipo está adaptado para estar embarcado en un portador (satélite o aeronave) que se desplaza por encima de una escena a observar; es conveniente, de manera particular, para unas aplicaciones espaciales.

El principio de un sensor de imágenes TDI se ilustra en la figura 1. El sensor SI comprende una matriz M de píxeles PX, dispuestos por líneas (o hileras) y por columnas; en la figura, las líneas están enumeradas de 1 a N. El portador en el que está embarcado se desplaza con una velocidad V en la dirección D, perpendicular a las líneas; por consiguiente, la imagen de la escena observada, formada sobre la matriz por un sistema óptico no representado, desfila en la misma dirección, con la orientación opuesta a V. De este modo, la línea de píxeles de rango $i+1$ ve, en un instante t_{i+1} , la misma distribución de intensidad lumínica vista por la línea de orden i en un instante anterior $t_i = t_{i+1} - \delta t$, que corresponde a una misma línea de una imagen óptica de la escena observada. El intervalo δt depende a la vez de la resolución espacial buscada (función del agrandamiento del sistema óptico y del tamaño de los píxeles) y de la velocidad de desplazamiento V del portador con respecto a tierra. Un circuito electrónico C integra las señales generadas por las diferentes líneas de píxeles de la matriz y que corresponden a una misma línea de la imagen. En otras palabras, adiciona las señales generadas por los píxeles de la línea de rango 1 en el instante t_1 , las de la línea de rango 2 en el instante t_2 , ... y las de la línea de rango N en el instante t_N . A su salida, el circuito C proporciona un vector de datos de imágenes VD representativo de dicha línea de la imagen óptica, integrada sobre un tiempo igual a $N \cdot \delta t$, lo que permite aumentar la relación señal a ruido de los datos de imagen adquiridos por el sensor.

Desde el punto de vista de la relación señal a ruido, es ventajoso, por lo tanto, efectuar la integración sobre un número N de líneas tan elevado como sea posible. Sin embargo, hay unos límites para esto. En efecto, de manera inevitable, hay unas imperfecciones entre el perfil teórico de puntería del sistema óptico formador de imagen y el perfil real y esto por unas múltiples razones: inestabilidad de la actitud del portador, microvibraciones, distorsión óptica, etc. A esto puede añadirse una alineación imperfecta de la matriz. Estas imperfecciones se acumulan de una línea a la otra, hasta conducir a una pérdida de definición no aceptable de la imagen final. En la práctica, por lo tanto, el número de líneas sobre las que es posible efectuar la integración no rebasa algunas decenas, por ejemplo, del orden de 40 en unas aplicaciones espaciales.

El documento francés FR 2 976 754 revela una técnica que permite superar en parte esta limitación. Este documento divulga un sensor que comprende una pluralidad de matrices de detección de imágenes de tipo TDI, alineadas en la dirección de desfase de la imagen y un sensor óptico de movimiento (o "detector de animación") constituido por píxeles de forma alargada, orientados según dos direcciones mutuamente ortogonales. Cada una de las $m > 1$ matrices de detección individuales efectúa una integración TDI sobre N líneas, siendo el número N lo suficientemente pequeño como para que el cúmulo de las imperfecciones permanezca tolerable. Para cada línea de la imagen óptica de la escena observada, se obtienen, de este modo, m vectores de datos de imagen (se entiende por "dato de imagen" un valor digital que representa la intensidad lumínica asociada a un píxel) que corresponde cada uno a una integración sobre N líneas. El sensor óptico de movimiento permite asociar una "animación" (desfase) a cada uno de estos vectores; un circuito electrónico de tratamiento corrige esta animación y suma los vectores asociados a una misma línea de la imagen óptica. De este modo, se puede realizar una integración sobre $m \times N$ líneas, aun cuando los efectos perjudiciales de la animación no se acumulan más que sobre N líneas.

Este enfoque presenta, no obstante, unos inconvenientes importantes.

En primer lugar, no permite corregir más que la animación que es el resultado de un cambio de actitud o de otra irregularidad en el desplazamiento del portador, o también de una vibración, pero no los desfases debidos a las distorsiones ópticas o a los defectos de alineación.

En segundo lugar, no puede - o puede difícilmente - implementarse usando unos componentes estándar, disponibles en el mercado ("COTS", del inglés "commercial off-the-shelf", es decir, "tomado de las estanterías"). En efecto, por una parte, los detectores de animación no son unos componentes estándar, por otra parte, la exigencia de una alineación sustancialmente perfecta entre estos sensores y las matrices de detecciones de imagen y entre estas últimas, hace prácticamente necesaria una cointegración monolítica.

El documento francés FR-A-2893140 divulga un sensor de velocidad en tierra de un vehículo que usa un sensor de imagen matricial y unos medios de correlación de la imagen proyectada sobre una línea de referencia con las líneas de la matriz.

La invención tiene como propósito superar estos inconvenientes de la técnica anterior y, de manera más particular, procurar un sensor de imágenes de tipo TDI que permite efectuar una integración sobre un número importante de líneas pudiendo al mismo tiempo ser realizado fácilmente a partir de componentes estándar.

De conformidad con la invención, esta finalidad se alcanza gracias a una detección de la animación realizada

directamente a partir de los datos de imagen adquiridos por una pluralidad de matrices de detección TDI alineadas en la dirección de desfile de la imagen óptica, por un cálculo de correlación cruzada. Esta detección "intrínseca" evita la necesidad de prever unos sensores *ad hoc*, no convencionales y que necesitan una alineación extremadamente precisa. Además, el carácter intrínseco de la detección de la animación también la hace sensible a los efectos de las distorsiones ópticas y de los errores de alineación. A su vez, esto permite prescindir de una cointegración de las matrices de detección TDI; por lo tanto, es posible realizar el detector por un sencillo ensamblaje de matrices TDI del mercado, completadas por un circuito de tratamiento de señales que puede ser realizado a partir de un circuito digital programable, tal como una FPGA (acrónimo inglés de "Field Programmable Gate Array", es decir, red de puertas programable *in situ*).

- 5
- 10 Un objeto de la invención es, por lo tanto, un sensor de imágenes destinado a estar embarcado en un portador que se desplaza por encima de una escena a observar, comprendiendo dicho sensor:
- una pluralidad de matrices de detección de imágenes por desfase temporal e integración, alineadas según la dirección de desplazamiento de dicho portador; y
 - un circuito de tratamiento de señales que tiene al menos una entrada conectada a unas salidas de datos de dichas matrices de detección de imágenes;
- 15

en el que cada matriz de detección de imágenes comprende una pluralidad de líneas de píxeles fotosensibles paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección de desplazamiento de dicho portador y está configurada para proporcionar a su salida unos vectores de datos de imagen obtenidos por acumulación de datos de imagen generados por dichas líneas de píxeles y que corresponden a una misma región de la dicha escena, observada en unos instantes diferentes en el transcurso del desplazamiento de dicho portador; caracterizado porque dicho circuito de tratamiento de señales está configurado para:

- 20
- calcular unas correlaciones cruzadas entre unos vectores de datos de imagen proporcionados por las diferentes matrices de detección de imágenes;
 - deducir de ello un desfase entre dichos vectores de datos de imágenes;
 - corregir dicho desfase reajustando dichos vectores de datos de imagen; y
 - integrar los vectores de datos de imagen reajustados para proporcionar a su salida unos vectores de datos de imagen acumulados.
- 25

Según unos modos de realización particulares de la invención:

- 30
- El sensor de imagen puede comprender, igualmente, unas memorias tampón configuradas para almacenar, para cada dicha matriz de detección de imagen, una matriz de datos de imagen formada por una pluralidad de vectores de datos de imagen que corresponden a unos instantes de adquisición sucesivos.
 - Dicho circuito de tratamiento de señales puede estar configurado para: calcular unas correlaciones cruzadas bidimensionales entre las matrices de datos de imagen almacenadas en dichas memorias tampón; deducir de ello un desfase bidimensional entre dichas matrices de datos de imágenes; corregir dicho desfase reajustando en dos dimensiones dichas matrices de datos de imagen; e integrar los vectores de datos de imagen reajustados para proporcionar a su salida unas matrices de datos de imagen acumuladas.
 - Cada dicha matriz de detección de imágenes puede ser realizada en forma de un circuito integrado distinto.
 - El sensor de imágenes puede comprender dos matrices de detección de imágenes, realizadas en forma de circuitos integrados distintos, dispuestos pies contra cabeza.
 - Dicho circuito de tratamiento de las señales puede estar configurado para calcular una correlación cruzada entre los vectores de datos de imagen proporcionados por cada par de matrices de detección de imágenes adyacentes.
 - Dicho circuito de tratamiento de las señales puede estar configurado, igualmente, para efectuar una corrección radiométrica de los vectores de datos de imagen proporcionados por las diferentes matrices de detección de imágenes antes de calcular sus correlaciones cruzadas.
 - Dicho circuito de tratamiento de las señales puede ser realizado en forma de un circuito digital programable.
 - La separación, en dicha dirección de desplazamiento de dicho portador, entre dos matrices de detección de imágenes adyacentes puede ser inferior o igual a 5.000 veces y, preferentemente, a 3.000 veces, la anchura de un píxel de dichas matrices.
- 35
- 40
- 45

- 50 Otro objeto de la invención es un instrumento óptico espacial o aerolevado de adquisición de imágenes, que comprende un sensor de imágenes de este tipo.

Otras características, detalles y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la descripción hecha con referencia a los dibujos adjuntos dados a título de ejemplo y que representan, respectivamente:

- 55
- La figura 1, ya descrita, el esquema funcional de un sensor de imágenes TDI conocido por la técnica anterior;
 - La figura 2A, el esquema de un sensor de imágenes TDI según un primer modo de realización de la invención;
 - La figura 2B, el esquema de un sensor de imágenes TDI según un segundo modo de realización de la invención;
 - y
 - La figura 3, una representación muy esquemática de una nave espacial que lleva un instrumento óptico de

adquisición de imágenes equipado con un sensor de imágenes TDI según un modo de realización de la invención.

La figura 2A ilustra un sensor de imágenes SIM según un primer modo de realización de la invención. Este sensor comprende dos matrices de detección de tipo CTI, identificadas por las referencias M1 y M2 y un circuito de tratamiento de las señales CTS que presenta dos puertos de entrada conectados a unos puertos de salida respectivos de dichas matrices de detección. Cada una de las matrices de detección, M1, M2, constituida por un circuito integrado monolítico respectivo IC1, IC2, comprende una parte sensible, formada por unas líneas $L^1_1 - L^1_N$, $L^2_1 - L^2_N$ de M píxeles fotosensibles paralelas entre sí y con las líneas de la otra matriz y un circuito de tratamiento C1, C2 cuyo funcionamiento se ha descrito más arriba con referencia a la figura 1. En la figura, las dos matrices M1 y M2 comprenden 5x5 píxeles, pero, en realidad, el número de líneas es, de manera general, de algunas decenas (por ejemplo, N=40), mientras que el número de columnas es mucho más elevado pudiendo alcanzar varios centenares, incluso unos millares. Las matrices M1, M2 pueden ser realizadas, por ejemplo, en tecnología CCD (dispositivos de transferencia de carga, del inglés "Charge-Coupled Device) o CMOS.

Las dos matrices están alineadas en una dirección D, perpendicular a la orientación de las líneas y que coincide con la dirección de desplazamiento de un portador en el que está embarcado el sensor; la flecha V indica el sentido de este desplazamiento. Como se ha explicado esto más arriba, una imagen óptica formada por un sistema óptico embarcado desfila sobre el sensor en la dirección D, con un sentido opuesto al del desplazamiento del portador. De este modo, una línea de la imagen óptica ilumina, primeramente, la línea de píxeles L^1_N de la matriz M1, luego, su línea L^1_{N-1} y, de este modo, seguidamente, hasta la línea L^1_1 , luego, el espaciado E entre las regiones activas de las dos matrices, a continuación, la línea L^2_1 de la matriz M2, luego, su línea L^2_2 y, de este modo, seguidamente, hasta la línea L^2_N . Se señala que las dos matrices de detección están dispuestas "pies contra cabeza", con sus porciones activas enfrentadas, de forma que minimicen la anchura del espaciado E. Una consecuencia de esto es que la imagen óptica desfila sobre la matriz M1 en un sentido opuesto al de la numeración de sus líneas; por lo tanto, el circuito de tratamiento C1 de esta matriz debe operar "en modo hacia atrás", integrando las señales de las diferentes líneas en el orden inverso, mientras que el circuito de tratamiento C2 de la matriz M2 opera "en modo hacia adelante", como el circuito C de la figura 1. Esta capacidad para integrar ya sea en modo hacia adelante, ya sea en modo hacia atrás, es nativa en el caso de los sensores CMOS del mercado.

El circuito de tratamiento C1 de la matriz M1 produce a su salida una sucesión de vectores de datos VD1 representativos de líneas respectivas de la imagen óptica, integrada sobre un tiempo igual a $N \cdot \delta t$, donde N es el número de líneas de la matriz y δt es el tiempo de integración de la imagen sobre cada línea. Asimismo, el circuito de tratamiento C1 de la matriz M2 produce a su salida una sucesión de vectores de datos VD2 representativos de líneas respectivas de la imagen óptica, integrada sobre un tiempo igual a $N \cdot \delta t$. En los dos casos, se genera un vector de datos en cada paso de integración δt . De manera general, los vectores de datos VD1, VD2 se presentan en forma de señales electrónicas digitales, siendo la conversión analógico-digital realizada en el interior de las matrices y, en concreto, de sus circuitos de tratamiento C1, C2. De manera alternativa, los vectores VD1, VD2 podrían tener una naturaleza analógica, siendo, entonces, una conversión al formato digital realizada por el circuito de tratamiento de señales CTS.

El circuito de tratamiento de señales CTS recibe en sus entradas los vectores VD1 y VD2 y se sirve de ellos para calcular un vector de datos de imagen VDI (de manera general, en forma de una señal electrónica digital) que corresponde a un tiempo de integración duplicado, es decir, igual a $2 \cdot N \cdot \delta t$. Para hacer esto, sin embargo, debe, primeramente, detectar el desfase entre VD1 y VD2 provocado, luego, corregirlos reajustando los vectores, por último, adicionarlos para obtener el vector de datos de imagen acumulado VDI.

El desfase entre los vectores VD1, VD2 está provocado por las fluctuaciones de la dirección de puntería durante el tiempo de integración, pero, igualmente, por unos errores eventuales de alineación de las dos matrices entre sí y/o con la dirección D, incluso por unas distorsiones ópticas. Contrariamente al caso del documento francés FR 2 976 754, este desfase no es detectado gracias a unos sensores de animación dedicados, sino directamente a partir de los propios vectores VD1, VD2; se puede hablar de detección de animación intrínseca. Como se ha mencionado esto más arriba, este enfoque presenta un cierto número de ventajas: en primer lugar, evita el uso de sensores adicionales y no estándar que tendrían un impacto sobre el coste del sensor de imágenes SIM; en segundo lugar, permite la detección de los desfases debidos a una alineación imperfecta de las matrices de detección y a las distorsiones ópticas. A su vez, esto permite relajar las solicitudes de fabricación y, de manera más particular, usar unas matrices de detección realizadas en forma de circuitos integrados distintos.

De conformidad con la invención, la detección intrínseca de la animación es realizada calculando una correlación cruzada entre los vectores de datos de imagen VD1 y VD2. De una manera conocida de por sí, la correlación cruzada entre dos vectores de datos de M elementos numerados de 1 a M es un vector que contiene $(2M-1)$ elementos numerados de $-(M-1)$ a $+(M-1)$. El desfase entre los vectores VD1 y VD2 está dado por el índice del elemento de este vector que corresponde al máximo de la correlación cruzada (pudiendo M ser grande, mientras que los desfases son, de manera general, bastante pequeños, puede ser oportuno no calcular la correlación más que para un número limitado de desfases alrededor de cero). De esta forma, se encuentra un desfase que corresponde necesariamente a un número entero de píxeles. Para efectuar una corrección más fina, es posible sobremuestrear los vectores VD1, VD2, efectuar la detección y la corrección de la animación a partir de los vectores

sobremuestreados, adicionarlos, luego, submuestrear el vector obtenido de este modo para regresar a un tamaño de N píxeles por línea.

5 Ventajosamente, se efectúa una corrección radiométrica de los vectores VD1, VD2 antes de proceder a la detección y a la corrección de la animación, con el fin de corregir la dispersión de las ganancias y de las corrientes de oscuridad de los sensores TDI M1 y M2.

10 El circuito de tratamiento de señales CTS es realizado, preferentemente, a partir de un componente lógico programable, tal como una FPGA, pero puede tratarse, igualmente, de un procesador programado de manera oportuna. Está, preferentemente, embarcado sobre el mismo portador que las matrices de detección; igualmente, se podría considerar transmitir los vectores VD1, VD2 en tierra y efectuar ahí los tratamientos, pero esta solución es menos ventajosa, ya que induce un aumento del flujo de datos a transmitir.

15 El modo de realización descrito más arriba no permite detectar más que los desfases perpendiculares a la dirección D de desplazamiento del portador. Un modo de realización alternativo, ilustrado de manera esquemática en la figura 2B, permite superar esta limitación y detectar unos desfases en dos dimensiones, con el fin de corregir mejor los efectos no deseables de las perturbaciones de actitud del portador. Para hacer esto, es necesario prever, para cada matriz de detección de imágenes M1, M2, una memoria tampón MT1, MT2 que permite almacenar una pluralidad de vectores de datos de imágenes VD_{1i} , VD_{1i+1} , ..., VD_{2i} , VD_{2i+1} , ... proporcionados por los circuitos de tratamiento respectivos C1, C2 en unos instantes de adquisición sucesivos. Estas memorias tampón funcionan como unos registros de desfase: en cada paso de integración, el vector de datos más antiguo es borrado, los otros vectores de datos se desplazan de una unidad de memoria y se almacena un nuevo vector de datos. El contenido de cada memoria tampón representa una matriz, cuyas líneas son los vectores de datos de imágenes. Una correlación cruzada bidimensional (bloque 2DXC en el circuito de tratamiento de señales CTS de la figura 2B) permite encontrar el desfase y, por lo tanto, la animación en dos dimensiones, entre dos matrices de datos de imágenes adquiridas por unos sensores distintos. A continuación, las matrices son reajustadas e integradas, como se hace esto para los vectores en el primer modo de realización. El resultado es una matriz de datos de imágenes acumulada, cuyas líneas son unos vectores VDI. Por supuesto, esto arrastra un aumento de la potencia de cálculo necesaria, pero cada memoria tampón puede no almacenar más que un número pequeño de vectores de datos de imágenes (de manera tradicional, tres o cuatro, de manera general, no más de 10), lo que permite retener la complejidad de los cálculos en un nivel aceptable.

30 Las memorias tampón pueden estar integradas en el circuito de tratamiento de señales CTS, como en el caso ilustrado en la figura 2B, pero esto no es sustancial; puede tratarse, igualmente, de componentes distintos. En principio, las memorias tampón pueden, incluso, estar integradas en los circuitos de tratamiento C1, C2 asociados a las matrices de detección, pero esto necesita, entonces, el uso de componentes no estándar.

35 Incluso en el caso donde no se tiene interés más que por el desfase en una sola dirección, puede ser oportuno usar las memorias tampón MT1, MT2 y calcular las correlaciones cruzadas (monodimensionales) para una pluralidad de vectores de imágenes a la vez.

La figura 3 ilustra de manera muy esquemática un portador SAT (por ejemplo, una nave espacial y, de manera más particular, un satélite) equipado con un instrumento óptico de adquisición de imágenes que comprende un sistema óptico convencional SO, por ejemplo, un telescopio, acoplado a un sensor de imágenes SIM según un modo de realización de la invención.

40 La invención se ha descrito con referencia a unos modos de realización particulares, que usan dos matrices de detección TDI idénticas, con un mismo número de líneas y de columnas, de forma cuadrada ($N=M$) y dispuestas pies contra cabeza. El alcance de la invención es, sin embargo, mucho más general. En primer lugar, cada matriz tendrá, en general, un número de columnas (M) diferente del número de líneas (N). En segundo lugar, el número de líneas y de columnas puede no ser el mismo de una matriz a la otra. Incluso en el caso donde el número de matrices es igual a dos, la disposición pies contra cabeza no es sustancial: es ventajosa solamente con el fin de reducir la separación E entre las partes activas de las matrices y, por lo tanto, la amplitud del desfase a corregir; preferentemente, esta separación no debería rebasar 3.000, incluso 5.000 veces el tamaño de un píxel.

Por otra parte, el número de matrices de detección puede ser superior a dos. En este caso, se podrá proceder de la siguiente manera:

- 50
- una matriz de detección, preferentemente situada en posición central, se elegirá como matriz de referencia;
 - se aplicará el método descrito más arriba para determinar los desfases entre cada par de matrices de detección adyacentes;
 - una adición de desfases sucesivos permitirá calcular el desfase de los diferentes vectores (o matrices) de datos de imágenes con respecto al vector (o a la matriz) procedente de la matriz de detección de referencia;
- 55
- los vectores (o matrices) reajustado(a)s se integrarán para proporcionar un vector VDI único o una matriz de unos vectores de este tipo.

REIVINDICACIONES

1. Sensor de imágenes destinado a estar embarcado en un portador (SAT) que se desplaza por encima de una escena a observar, comprendiendo dicho sensor:

- 5 - una pluralidad de matrices de detección de imágenes por desfase temporal e integración ($M1, M2$), alineadas según la dirección de desplazamiento (D) de dicho portador; y
- un circuito de tratamiento de señales (CTS) que tiene al menos una entrada conectada a unas salidas de datos de dichas matrices de detección de imágenes;

10 en el que cada matriz de detección de imágenes comprende una pluralidad de líneas ($L^1_1 - L^1_N; L^2_1 - L^2_N$) de píxeles fotosensibles paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección de desplazamiento de dicho portador y está configurada para proporcionar a su salida unos vectores de datos de imagen ($VD1, VD2$) obtenidos por acumulación de datos de imagen generados por dichas líneas de píxeles y que corresponden a una misma región de dicha escena, observada en unos instantes diferentes en el trascurso del desplazamiento de dicho portador;

caracterizado por que dicho circuito de tratamiento de señales está configurado para:

- 15 - calcular unas correlaciones cruzadas entre unos vectores de datos de imagen ($VD1, VD2$) proporcionados por las diferentes matrices de detección de imágenes;
- deducir de ello un desfase entre dichos vectores de datos de imágenes;
- corregir dicho desfase reajustando dichos vectores de datos de imagen; y
- integrar los vectores de datos de imagen reajustados para proporcionar a su salida unos vectores de datos de imagen acumulados (VDI).

20 2. Sensor de imágenes según la reivindicación 1 que comprende, igualmente, unas memorias tampón ($MT1, MT2$) configuradas para almacenar, para cada dicha matriz de detección de imagen, una matriz de datos de imagen formada por una pluralidad de vectores de datos de imagen ($VD1_i, VD1_{i+1}, VD2_i, VD2_{i+1}$) que corresponden a unos instantes de adquisición sucesivos.

25 3. Sensor de imágenes según la reivindicación 2 en el que dicho circuito de tratamiento de señales está configurado para:

- calcular unas correlaciones cruzadas bidimensionales entre las matrices de datos de imagen almacenadas en dichas memorias tampón;
- deducir de ello un desfase bidimensional entre dichas matrices de datos de imágenes;
- corregir dicho desfase reajustando en dos dimensiones dichas matrices de datos de imagen; y
- 30 - integrar los vectores de datos de imagen reajustados para proporcionar a su salida unas matrices de datos de imagen acumuladas.

4. Sensor de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores en el que cada dicha matriz de detección de imágenes es realizada en forma de un circuito integrado distinto ($IC1, IC2$).

35 5. Sensor de imágenes según la reivindicación 4 que comprende dos matrices de detección de imágenes, realizadas en forma de circuitos integrados distintos, dispuestos pies contra cabeza.

6. Sensor de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicho circuito de tratamiento de las señales está configurado para calcular una correlación cruzada entre los vectores de datos de imagen proporcionados por cada par de matrices de detección de imágenes adyacentes.

40 7. Sensor de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicho circuito de tratamiento de las señales está configurado, igualmente, para efectuar una corrección radiométrica de los vectores de datos de imagen proporcionados por las diferentes matrices de detección de imágenes antes de calcular sus correlaciones cruzadas.

8. Sensor de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicho circuito de tratamiento de las señales es realizado en forma de un circuito digital programable.

45 9. Sensor de imágenes según una de las reivindicaciones anteriores en el que la separación (E), en dicha dirección de desplazamiento de dicho portador, entre dos matrices de detección de imágenes adyacentes es inferior o igual a 5.000 veces y, preferentemente, a 3.000 veces, la anchura de un píxel de dichas matrices.

10. Instrumento óptico espacial o aeroportado de adquisición de imágenes (IO), que comprende un sensor de imágenes (SIM) según una de las reivindicaciones anteriores.

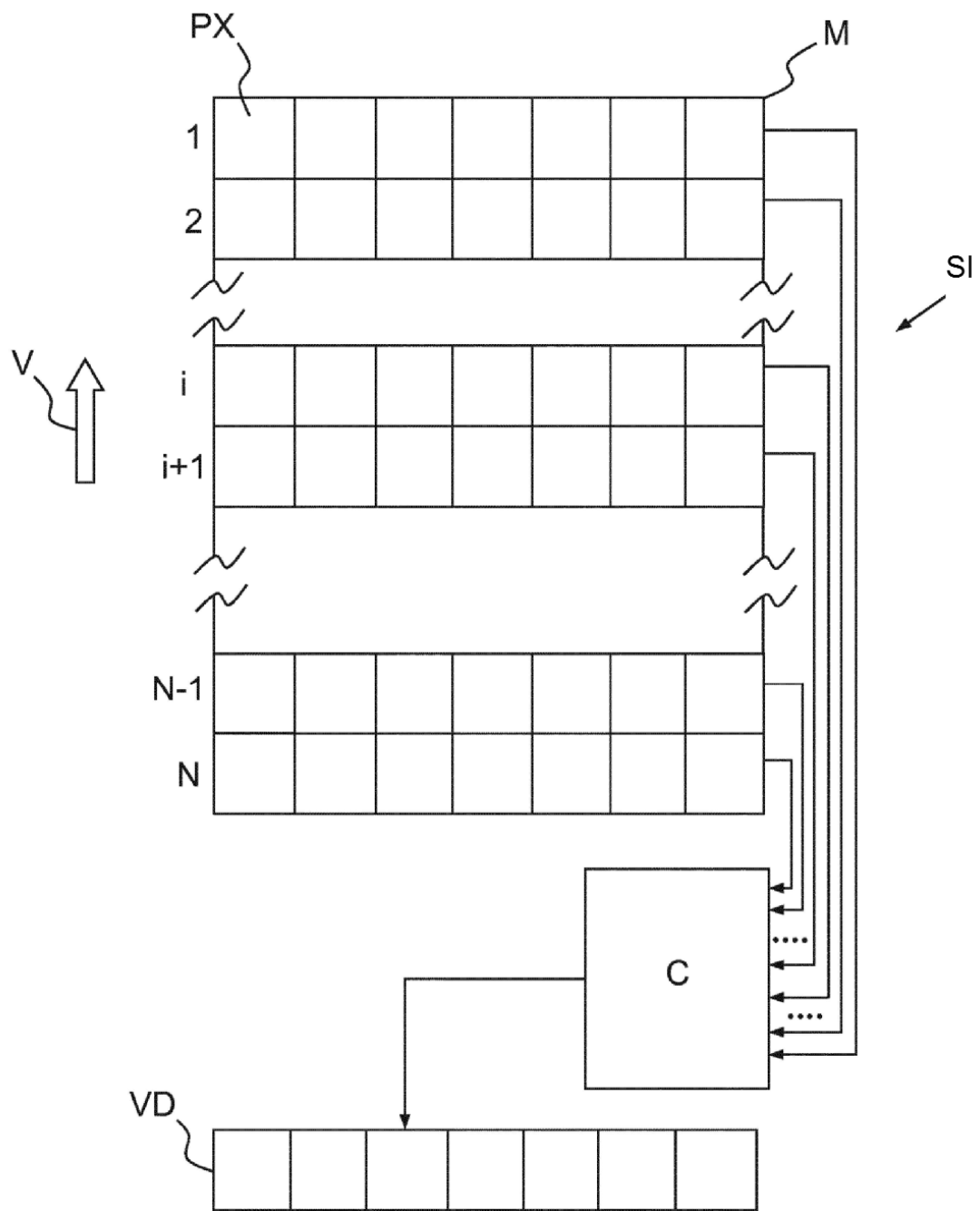


FIG.1

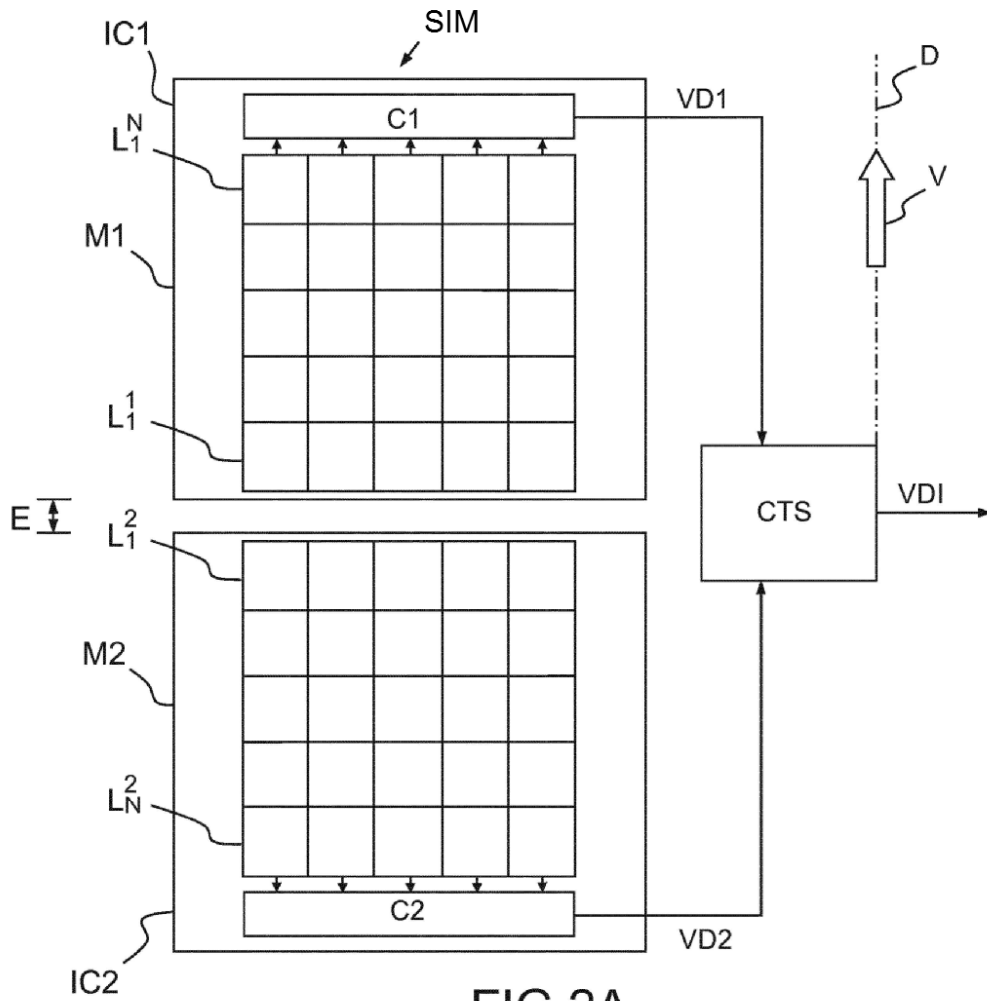


FIG.2A

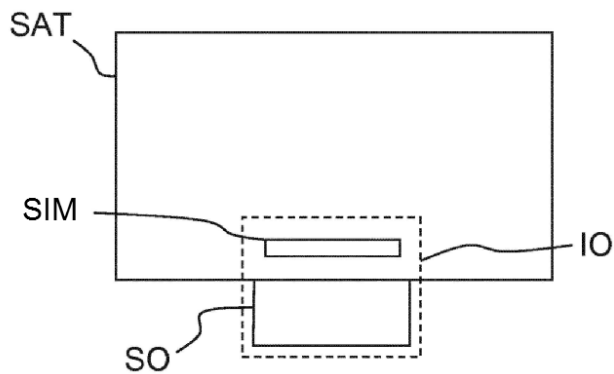


FIG.3

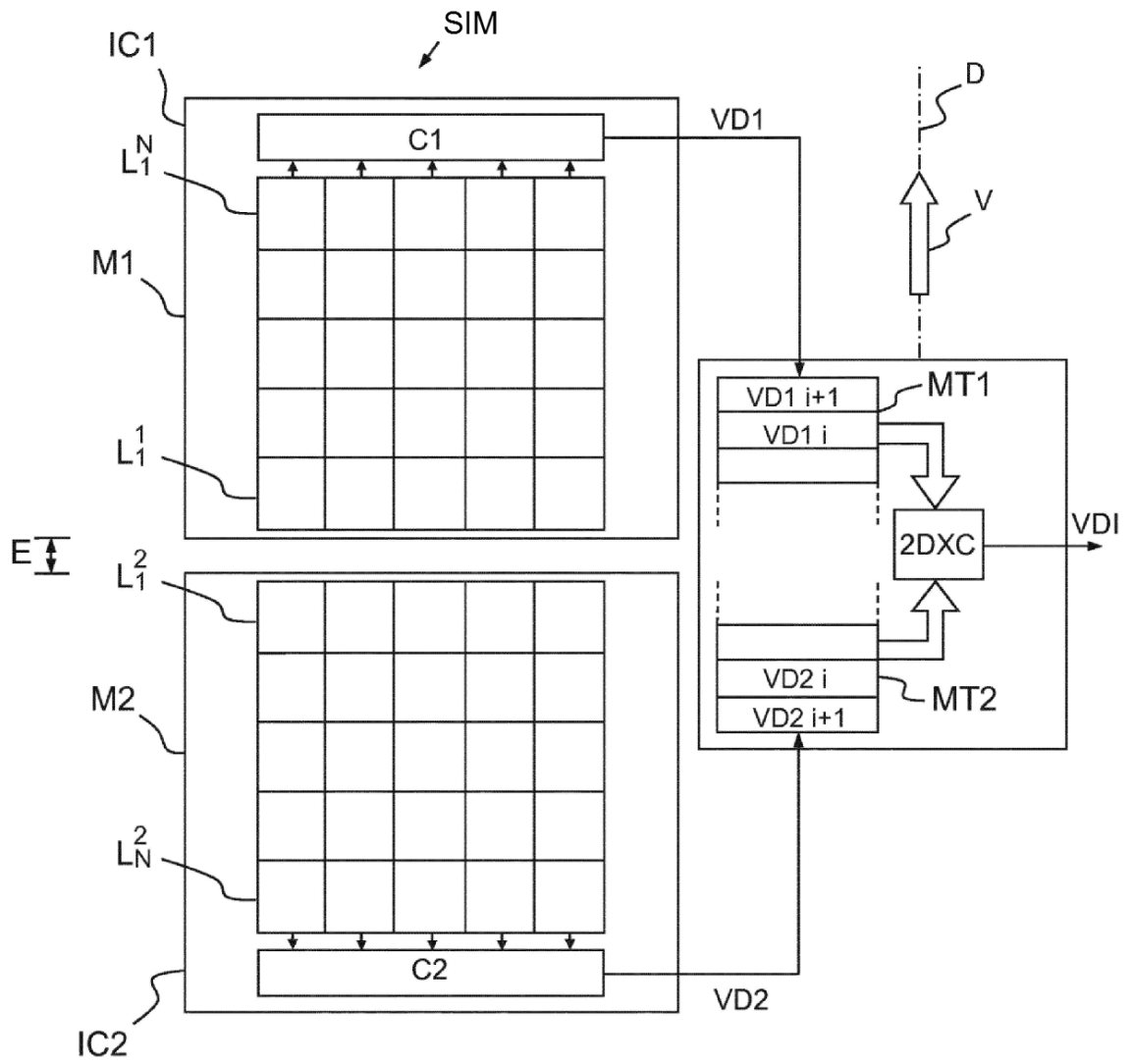


FIG.2B