

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 248**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/254** (2007.01)

**G06T 7/194** (2007.01)

**G06T 7/136** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2006 PCT/SE2006/050214**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2007 WO07004974**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2006 E 06748053 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018 EP 1899025**

54 Título: **Mejora de imagen en grabaciones deportivas**

30 Prioridad:

**01.07.2005 SE 0501549**

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

**18.07.2018**

73 Titular/es:

**TOPGOLF SWEDEN AB (100.0%)  
Svärdvägen 11  
18233 Danderyd , SE**

72 Inventor/es:

**FORSGREN, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 676 248 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

Mejora de imagen en grabaciones deportivas

5 Antecedentes de la invención y técnica anterior

10 La presente invención se refiere, en general, a la mejora automática de imágenes en relación con el registro de imágenes en movimiento de una escena deportiva. Más en particular, la invención se refiere a un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento de generación de una señal de vídeo según el preámbulo de la reivindicación 10. La invención también se refiere a un programa informático según la reivindicación 21 y a un medio legible por ordenador según la reivindicación 22.

15 La grabación y radiodifusión de eventos deportivos se está convirtiendo en un área de mercado cada vez más importante y, por lo tanto, hay una mayor competencia a la hora de ofrecer a los espectadores experiencias satisfactorias de tales eventos. Sin embargo, en algunos deportes resulta difícil reflejar de manera adecuada todos los aspectos importantes del juego, por ejemplo en una transmisión televisada. El golf y el béisbol son dos ejemplos de deportes en los que una pelota relativamente pequeña se desplaza frecuentemente a lo largo de una distancia comparativamente larga durante un breve periodo de tiempo. Debido a las limitaciones técnicas del medio de transmisión y de las cámaras usadas, los espectadores pueden tener problemas a la hora de seguir la trayectoria de la pelota y, por tanto, de apreciar completamente el juego desarrollado por los deportistas.

25 En el golf, por ejemplo, después de recorrer en el aire una distancia de entre 30 y 70 metros, una pelota en movimiento se vuelve tan pequeña que equivale a menos de un píxel de una pantalla de televisión convencional. Evidentemente, esto hace que sea muy difícil distinguir la pelota, en particular si la pelota blanca se mueve delante de un cielo brillante. En la mayoría de los casos, el cielo es más brillante que el resto de la imagen, es decir, el golfista/bateador y el fondo. Por lo tanto, una correcta exposición del golfista/bateador da como resultado una sobreexposición del cielo, lo que significa que el cielo puede representarse mediante un color blanco casi saturado en el que una pelota blanca (que, posiblemente, también está sobreexpuesta) "desaparece" fácilmente. Por lo tanto, al menos en las grabaciones/transmisiones de vídeo de algunas escenas/situaciones del juego, es sumamente deseable aumentar la impresión visual de la pelota.

35 La patente estadounidense 5.489.099 describe un aparato de seguimiento de pelotas de golf que presenta una cámara de vídeo para generar datos que representan una pelota de golf, y un procesador de cuadros de vídeo para determinar la posición en la imagen de una pelota de golf dentro de un cuadro de vídeo de la cámara. De ese modo, la cámara puede controlarse para seguir automáticamente los movimientos de la pelota, es decir, realizar un seguimiento del recorrido real de la pelota en el aire.

40 La patente estadounidense n.º 6.233.007 da a conocer una solución mediante la cual es posible realizar un seguimiento de pelotas, discos y similares con una cámara. En este caso, los datos cromáticos empíricos de la pelota se usan junto con vectores de movimiento estimado para identificar la trayectoria de una pelota. Esto, a su vez, sirve como base para los siguientes movimientos de la pelota a través de una o más cámaras.

45 La patente estadounidense n.º 5.953.056 describe un sistema que mejora la visualización de un evento deportivo al realizarse un seguimiento de una pelota en movimiento. En este caso se generan imágenes de vídeo superpuestas que ilustran la trayectoria de la pelota, y las imágenes superpuestas se superponen sucesivamente a una imagen de vídeo de fondo que representa la escena deportiva, de manera que el espectador puede seguir fácilmente la trayectoria de la pelota.

50 La patente estadounidense n.º 5.912.700 da a conocer un sistema para mejorar la presentación televisada de un objeto (es decir, la pelota o disco) en un juego deportivo, donde se usan uno o más sensores en el objeto. Con la ayuda del/de los sensor(es), un procesador asociado a la cámara de televisión determina la ubicación del objeto y, como resultado, la señal de televisión puede editarse o aumentarse para mejorar la presentación del objeto.

55 La patente estadounidense n.º 5.413.345 da a conocer un sistema para identificar, realizar un seguimiento de, visualizar y registrar todas o partes seleccionadas de la trayectoria de una o más pelotas de golf desde el momento en que se golpea la pelota, o cuando está en el aire, hasta que llega a su punto de detención final.

60 Aunque las soluciones antes mencionadas pueden mejorar la experiencia de los espectadores de ciertos eventos deportivos radiodifundidos y/o grabados, quedan por resolver problemas importantes para hacer que la mejora de las imágenes sea más eficaz, fiable y robusta. En concreto, o bien se necesita una identificación manual inicial de la pelota, o bien se necesitan sensores/transductores en la pelota para permitir el seguimiento de la misma. Sin embargo, puede ser difícil conseguir una identificación manual con la suficiente precisión dentro del tiempo disponible. Además, por motivos económicos, generalmente es deseable reducir la cantidad de intervención manual tanto como sea posible. Por otro lado, cualquier inclusión de sensores o transductores en la pelota influye en el propio juego, al menos desde un punto de vista psicológico. Por consiguiente, esto es inaceptable o, en cualquier caso, sumamente indeseable.

## Resumen de la invención

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar una solución de mejora de imágenes que mitigue los problemas anteriores y que, por tanto, ofrezca una adquisición totalmente automática de la pelota de la que va a realizarse un seguimiento.

Según un aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante el sistema descrito inicialmente, donde los medios de seguimiento están adaptados para identificar automáticamente una posición de imagen inicial para la pelota en movimiento. Específicamente, para cada imagen de la serie de imágenes fuente registradas, los medios de seguimiento producen una imagen de diferencia entre la imagen y una imagen posterior a la misma. En la imagen de diferencia, a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por debajo de un nivel umbral se les asigna un primer valor, y a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por encima de o igual al nivel umbral se les asigna un segundo valor. Los medios de seguimiento también identifican un conjunto de candidatos a pelota, donde cada candidato a pelota se representa mediante un grupo de elementos de imagen vecinos, los cuales contienen el segundo valor, y dicho grupo satisface un criterio de tamaño de pelota. Además, en función de un algoritmo de selección de pelota, los medios de seguimiento seleccionan la posición de imagen inicial a partir del conjunto de candidatos a pelota.

Una ventaja importante de este sistema es que, sin necesitar ninguna modificación de la pelota (es decir, inclusión de sensores, etc.), se consigue una identificación fiable y robusta de la pelota en movimiento. En función de esta identificación, puede realizarse un seguimiento de la trayectoria de la pelota con gran precisión.

Según una forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema incluye una unidad de procesamiento digital a la que están conectados los medios de grabación de imágenes. La unidad de procesamiento digital incluye los medios de seguimiento. La unidad de procesamiento digital puede estar incluida, a su vez, en un ordenador de propósito general, tal como un PC. Por lo tanto, se consigue una solución flexible y económica. Para lograr a mejor relación coste-eficacia, la unidad de procesamiento digital también puede incluir un generador de gráficos.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, los medios de grabación de imágenes incluyen una cámara principal y una cámara auxiliar. Estas cámaras están ubicadas en el mismo sitio y fijadas de manera mecánica entre sí. Además, la unidad de procesamiento digital está adaptada para conseguir un ajuste de paralaje con respecto a las cámaras, es decir, compensar cualquier diferencia en el campo de visión, en la óptica y en la resolución, y correlacionar cada posición de imagen grabada por la cámara auxiliar con una posición de imagen de la cámara principal (o viceversa). Por tanto, los datos de imagen de la cámara auxiliar pueden combinarse correctamente con las imágenes registradas por la cámara principal.

Según una forma de realización preferida adicional de este aspecto de la invención, los medios de seguimiento están adaptados para recibir un parámetro de distancia para formar una base para el algoritmo de selección de pelota. Específicamente, el parámetro de distancia refleja una distancia entre los medios de grabación de imágenes y una posición de pelota estimada inicial. El parámetro determina el criterio de tamaño de pelota, de modo que, por ejemplo, a una distancia relativamente corta se espera una pelota relativamente grande, y viceversa.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, los medios de seguimiento incluyen una interfaz de máquina que interactúa con los medios de grabación de imágenes. Esta interfaz está adaptada para recibir el parámetro de distancia en forma de una señal de distancia focal. Por tanto, el criterio de tamaño de pelota se ajusta automáticamente. Como alternativa, o de manera complementaria, los medios de seguimiento pueden incluir una interfaz de usuario, que está adaptada para recibir un parámetro de distancia introducido manualmente. Esto puede ser útil si los medios de grabación de imágenes carecen de una función de enfoque automático, o si las condiciones de luz hacen que esta función no sea fiable.

Según otra forma de realización preferida adicional de este aspecto de la invención, la unidad de procesamiento digital incluye un medio de almacenamiento intermedio, que está adaptado para almacenar en memoria intermedia imágenes que se han registrado mediante la cámara principal durante un periodo de retardo. La unidad de procesamiento digital también está adaptada para generar una traza sintética de la pelota en función de un conjunto de imágenes registradas por la cámara auxiliar durante el periodo de retardo. De este modo, los medios de almacenamiento intermedio proporcionan un retardo necesario para comprobar si un candidato a pelota identificado es realmente una pelota, y si es así, generar la traza.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, los medios de grabación de imágenes incluyen un sensor de imagen que contiene un conjunto de elementos de sensor, por ejemplo de tipo CMOS (CMOS son las siglas en inglés de semiconductor complementario de óxido metálico). Este sensor de imágenes está adaptado para permitir la lectura de datos de imágenes grabados por un subconjunto seleccionado de los elementos de sensor. Por tanto, los datos leídos pueden limitarse a un área de imagen pertinente, es decir, que se estima que en este momento contiene una representación de la pelota.

Según otro aspecto adicional de la invención, el objetivo se consigue mediante el procedimiento descrito inicialmente, donde una posición de imagen inicial para la pelota en movimiento se identifica automáticamente de la siguiente manera. Para cada imagen de la serie de imágenes fuente de la escena, se produce una imagen de diferencia entre la imagen y una imagen posterior a la misma. En la imagen de diferencia, a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por debajo de un nivel umbral se les asigna un primer valor, y a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por encima de o igual al nivel umbral se les asigna un segundo valor. De este modo se identifica un conjunto de candidatos a pelota, en el que cada candidato a pelota se representa mediante un grupo de elementos de imagen vecinos que contienen el segundo valor, y el grupo satisface un criterio de tamaño de pelota, especificando preferentemente un intervalo de áreas de imagen de pelota. La posición de imagen inicial para la pelota en movimiento se selecciona del conjunto de candidatos a pelota en función de un algoritmo de selección de pelota. Por lo tanto, se obtiene una detección de pelota robusta y fiable.

Según una forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el algoritmo de selección de pelota incluye una etapa de estimación de redondez en la que se descarta cualquier candidato a pelota que no satisfaga un requisito de simetría de rotación y/o un requisito que pertenece a una relación entre un diámetro máximo del grupo de elementos de imagen vecinos y un área combinada de los elementos de imagen del grupo. Por tanto, pueden eliminarse muchos objetos que no son pelotas.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el algoritmo de selección de pelota incluye una etapa de estimación de posición en la que se descarta cualquier candidato a pelota que esté ubicado fuera de un área primaria de la imagen fuente. El área primaria puede representar una parte inferior que ocupa dos tercios de la imagen fuente, es decir, en el caso de una escena de golf, la selección de imagen en la que es más probable que esté situada la pelota. Por tanto, el procesamiento de imágenes puede concentrarse en las zonas en las que se espera que los recursos tengan la mayor utilidad.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el área primaria, de manera adicional o como alternativa, representa una parte que ocupa el 50% de la imagen fuente en torno a una línea vertical central a través de la imagen fuente. Por lo tanto, la eficacia del procesamiento de imágenes se mejora adicionalmente.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el algoritmo de selección de pelota implica un procedimiento de estimación de recorrido en el que los candidatos a pelota del conjunto de candidatos a pelota se analizan en tres imágenes registradas de manera consecutiva. El procedimiento de estimación de recorrido incluye lo siguiente. Se define una línea respectiva candidata a trayectoria, que se extiende de manera recta entre cada candidato a pelota en una primera imagen registrada y cada candidato a pelota en una tercera imagen registrada. Se descarta cada candidato a pelota para el que en una segunda imagen registrada entre la primera y la tercera imagen registrada, no se encuentre ningún candidato a pelota dentro un área umbral desde la línea candidata a trayectoria. Sin embargo, para el resto de líneas candidatas a trayectoria se define una trayectoria de pelota provisional. Puesto que, normalmente, muy pocas líneas candidatas a trayectoria satisfacen este criterio, el procesamiento de imágenes se centra por tanto, de manera eficiente, en los elementos de imagen relevantes.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el procedimiento de estimación de recorrido incluye además descartar cualquier candidato a pelota cuya trayectoria de pelota provisional tenga un ángulo con respecto a una línea vertical que supere un ángulo umbral. En concreto, independientemente del evento deportivo que se esté registrando, las trayectorias de pelota reales sólo se producirán en determinados ángulos con respecto a la orientación de la cámara. Por consiguiente, el resto de trayectoria de pelota puede descartarse.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, la identificación de una posición de imagen inicial para la pelota en movimiento se inhibe después de que se haya realizado el seguimiento de al menos una pelota a lo largo de un primer número predefinido de imágenes. Por tanto, por ejemplo, durante el tiempo en que se genera una traza sintética de pelota con respecto a una primera pelota, el algoritmo deja de buscar una segunda pelota.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, después de las tres imágenes registradas de manera consecutiva, el seguimiento implica la estimación de un vector de movimiento que prediga una posición de pelota en una imagen fuente particular. Este vector de movimiento se basa en: una primera posición de imagen para la pelota en una primera imagen fuente anterior a la imagen fuente particular; una segunda posición de imagen para la pelota en una segunda imagen fuente posterior a la primera imagen fuente aunque anterior a la imagen fuente particular; y una tercera posición de imagen para la pelota en una tercera imagen fuente posterior a la segunda imagen fuente aunque anterior a la imagen fuente particular. Por tanto, la trayectoria de la pelota se sigue de manera estable durante una fase de seguimiento relativamente temprana.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, después de un segundo número inicial (>3) de imágenes registradas, la posición de la pelota en la imagen fuente particular se predice según una relación lineal entre posiciones para la pelota en dos imágenes registradas justo antes de la imagen particular. Por tanto, en un estado estable, el seguimiento de la pelota va seguido de un procesamiento de imagen mínimo.

Según otra forma de realización preferida de este aspecto de la invención, el seguimiento continúa hasta que no pueda encontrarse ningún candidato a pelota dentro de una distancia umbral desde la posición de pelota predicha. Por lo tanto, el seguimiento se interrumpe automáticamente cuando el algoritmo no pueda realizar un seguimiento de la trayectoria de la pelota. En cambio, el algoritmo sigue buscando una nueva posición de imagen inicial para una pelota en movimiento.

Según un aspecto adicional de la invención, el objetivo se consigue mediante un programa informático, que puede cargarse directamente en la memoria interna de un ordenador, e incluye software para controlar el procedimiento anteriormente propuesto cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

Según otro aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante un medio legible por ordenador, que incluye un programa grabado en el mismo, donde el programa controlará que un ordenador lleve a cabo el procedimiento propuesto anteriormente.

Ventajas adicionales y características y aplicaciones ventajosas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción y de las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá en mayor detalle la presente invención mediante formas de realización preferidas, que se describen como ejemplos, y con referencia a los dibujos adjuntos.

Figura 1 muestra una visión general de un sistema según una primera forma de realización de la invención y un deportista cuyas imágenes son grabadas por el sistema;

Figura 2 muestra un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento digital según la primera forma de realización de la invención;

Figura 3 muestra una visión general de un sistema según una segunda forma de realización de la invención;

Figura 4 muestra un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento digital según la segunda forma de realización de la invención;

Figura 5 ilustra cómo una traza que representa la trayectoria de una pelota en movimiento puede representarse en una secuencia de imágenes compuestas según una forma de realización de la invención;

Figura 6 muestra un área de imagen que ilustra una etapa de estimación de un algoritmo de selección de pelota propuesto;

Figuras 7a, b ilustran detalles adicionales del algoritmo de selección de pelota según formas de realización de la invención;

Figura 8 ilustra determinados aspectos de un algoritmo de seguimiento propuesto; y

Figura 9 ilustra, mediante un diagrama de flujo, un procedimiento general para controlar un aparato informático según la invención.

Descripción de formas de realización preferidas de la invención

Se hace referencia inicialmente a la figura 1, que muestra una visión general de un sistema según una primera forma de realización de la invención. La figura 1 también muestra un deportista 160, del cual el sistema propuesto graba una serie de imágenes. Específicamente, el sistema produce una señal de vídeo que representa una escena deportiva en la que se hace mover una pelota 150, durante al menos un corto periodo de tiempo, por delante de un fondo esencialmente estático. Por tanto, la escena puede incluir un golfista, un bateador o un jugador similar que haga que la pelota recorra una distancia.

El sistema incluye medios de grabación de imágenes 110, medios de seguimiento y un generador de gráficos. Preferentemente, una unidad de procesamiento digital 120, por ejemplo representada mediante un PC, implementa uno o ambos de los medios de seguimiento y del generador de gráficos. La figura 2 muestra un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento digital 120 según la primera forma de realización de la invención. Los medios de grabación de imágenes 110 están adaptados para registrar imágenes de la escena. En una implementación para el golf, es ventajoso que los medios de grabación de imágenes 110 estén colocados y dirigidos de manera que en una misma imagen estén visibles el golfista, la pelota, el hoyo y la trayectoria prevista de la pelota. Por tanto, si se espera un recorrido elevado, los medios de grabación de imágenes 110 deberían estar dirigidos de manera que el cielo ocupe una parte relativamente grande de la imagen.

Puede ser preferible que la unidad de procesamiento digital 120 esté físicamente separada de los medios de grabación de imágenes 110, de manera que, por ejemplo, la unidad 120 esté ubicada en un dispositivo de mezcla en el que dos o más tomas de la misma ubicación, u otra similar, puedan almacenarse y procesarse conjuntamente. Por tanto, por ejemplo, se permite la comparación de tomas.

Los medios de grabación de imágenes 110 incluyen al menos una cámara para la adquisición de datos y, preferentemente, incluyen una cámara principal 111 y una cámara auxiliar 112. En este caso, la cámara principal

111 ofrece una primera serie de imágenes fuente  $V_S(\text{IMG})$  de la escena, y la cámara auxiliar 112 ofrece una segunda serie de imágenes fuente  $V_{DV}(\text{IMG})$  de la escena. La cámara principal 111 puede ser una cámara de televisión adaptada para producir una señal para una transmisión en directo o para una grabación. La cámara auxiliar 112 es, preferentemente, una cámara de vídeo digital, por ejemplo que presenta un sensor de imágenes CMOS, con una resolución relativamente alta. Además, las cámaras 111 y 112 están ubicadas en el mismo sitio y fijadas de manera mecánica entre sí, de modo que tienen esencialmente el mismo campo de visión.

Sin embargo, debido a diferencias en la óptica de lentes de las cámaras 111 y 112, las diferencias de resolución y el hecho de que los sensores de imagen de las cámaras 111 y 112 están situados en posiciones ligeramente diferentes, normalmente se necesita un ajuste de paralaje para hacer corresponder entre sí la primera y la segunda serie de imágenes fuente  $V_S(\text{IMG})$  y  $V_{DV}(\text{IMG})$ . Según una forma de realización preferida de la invención, la unidad de procesamiento digital 120 está adaptada para conseguir este ajuste de paralaje. Además, las cámaras 111 y 112 pueden tener velocidades de cuadro y retardos diferentes, de manera que es necesario sincronizar el tiempo.

Una manera que conseguir el ajuste de paralaje es orientar tanto la cámara 111 como la cámara 112 hacia objetos distantes y esencialmente estacionarios. Después, se estima cuánto se solapan las imágenes de las cámaras. El solapamiento se describe mediante una función  $F_{\text{solapamiento}}$ , que refleja una traslación desde cada posición  $(x, y)$  en una primera imagen de la primera serie de imágenes hasta cada posición  $(x', y')$  en una segunda imagen correspondiente de la segunda serie de imágenes. Para determinar la precisión con que la estimación describe el solapamiento entre las imágenes, se calcula una diferencia absoluta entre cada valor de elemento de píxel/imagen de la primera imagen (en la posición  $(x, y)$ ) y un valor de elemento de píxel/imagen correspondiente (es decir, en la posición  $(x', y')$ ) de la segunda imagen. Después se calcula una suma total de todas estas diferencias como una medida de ajuste, o calidad, global de la función  $F_{\text{solapamiento}}$ . Después se realiza otra estimación del solapamiento y se calcula una nueva suma total de las diferencias, y así sucesivamente. Se considera que una función de solapamiento  $F_{\text{solapamiento}}$  asociada a la suma de diferencias total más baja describe la relación de paralaje entre las cámaras 111 y 112 suficientemente bien.

Como resultado del ajuste de paralaje, los elementos de imagen sintéticos generados en función de la segunda serie de imágenes fuente  $V_{DV}(\text{IMG})$  pueden combinarse con una primera serie de imágenes fuente  $V_S(\text{IMG})$ , de manera que una traza que representa la trayectoria de la pelota en movimiento 150 se muestra en forma de datos de imagen añadidos de manera sucesiva en una secuencia de imágenes compuestas  $V_C(\text{IMG})$ .

Para facilitar el seguimiento de la trayectoria de la pelota, es importante que la exposición de los medios de grabación de imágenes 110 se regule de manera apropiada. Por ejemplo, puede ser necesario ajustar manualmente los diafragmas pertinentes. También puede ser necesario modificar el tiempo de exposición y/o la ganancia para conseguir un resultado óptimo. Generalmente, es ventajoso que estos parámetros se seleccionen de manera que se obtenga la imagen no sobreexpuesta más brillante. En particular, partes de imagen sobreexpuestas hacen difícil que se pueda distinguir la pelota del fondo. El tiempo de exposición debe ser lo más largo posible sin generar efectos de desenfoque debido a un movimiento excesivo. Es decir, se prefiere normalmente un tiempo de exposición inferior a 2 ms.

Los medios de seguimiento 122 están adaptados para realizar un seguimiento de una trayectoria de la pelota en movimiento 150 a través de al menos un subconjunto de las imágenes fuente. El seguimiento realizado por los medios de seguimiento 122 implica diferenciar entre imágenes registradas de manera consecutiva. La diferenciación identifica áreas de imagen que se han actualizado en una imagen registrada posteriormente en relación con una imagen registrada con anterioridad. Específicamente, para cada imagen de la segunda serie de imágenes fuente  $V_{DV}(\text{IMG})$ , una imagen de diferencia se produce entre la imagen y una imagen posterior a la misma, donde, en la imagen de diferencia, a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por debajo de un nivel umbral se les asigna un primer valor, por ejemplo equivalente a negro. A los elementos de imagen restantes (es decir, que representan una alteración de contenido por encima de o igual al nivel umbral) se les asigna un segundo valor, por ejemplo equivalente a blanco. El nivel umbral se fija de manera que puede esperarse una pelota en movimiento entre estos elementos de imagen. Además, especialmente en el seguimiento de estado estable, cuando la ubicación y el tamaño de la pelota dentro de la imagen se conocen relativamente bien, es preferible que el nivel umbral sea adaptativo. En concreto, de este modo, el nivel umbral puede conseguir automáticamente un valor apropiado, por ejemplo, lo que implica que una fracción, o número, particular de los elementos de imagen dentro de una determinada región tendrán asignados el segundo valor.

Según la invención, los medios de seguimiento 122 están adaptados para identificar automáticamente una posición de imagen inicial para la pelota en movimiento 150 identificando un conjunto de candidatos a pelota, en los que cada candidato a pelota se representa mediante un grupo de elementos de imagen vecinos que contienen el segundo valor. Por tanto, el conjunto de candidatos a pelota puede incluir una pluralidad de grupos de píxeles blancos, o "blobs". El grupo debe satisfacer además un criterio de tamaño de pelota, el cual se describirá posteriormente. Después se selecciona la posición de imagen inicial a partir del conjunto de candidatos a pelota en función de un algoritmo de selección de pelota. Detalles pertenecientes a esta selección se describirán posteriormente con referencia a las figuras 5 a 8. Sin embargo, en función de la segunda serie de imágenes fuente  $V_{DV}(\text{IMG})$ , los medios de seguimiento 122 producen una señal de trayectoria de pelota  $V_T(\text{IMG})$  que describe los movimientos de cualquier

pelota que se haya detectado a través de al menos un subconjunto de las imágenes de la segunda serie de imágenes fuente  $V_{DV}(IMG)$ .

El generador de gráficos 124 está adaptado para recibir la señal de trayectoria de pelota  $V_{\Pi}(IMG)$  y la primera serie de imágenes fuente  $V_S(IMG)$ , y como respuesta genera una secuencia de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$ . La secuencia de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$  incluye elementos de imagen sintéticos, que se combinan con las imágenes de la primera serie de imágenes fuente  $V_S(IMG)$ , de manera que una traza que representa la trayectoria de la pelota en movimiento 150 se muestra en forma de datos de imagen añadidos que se superponen de manera sucesiva a los contenidos de imagen de la primera serie de imágenes fuente  $V_S(IMG)$ . La figura 5 muestra una imagen IMG que incluye un ejemplo de una traza  $\Pi_B$  de este tipo. Según una forma de realización preferida de la invención, los medios de seguimiento 122 están adaptados para recibir un parámetro de distancia  $s(D)$ . Este parámetro forma una base para el algoritmo de selección de pelota al reflejar una distancia  $D$  entre los medios de grabación de imágenes 110 y una posición de pelota física estimada  $p_1$ . (Es decir, la representación de imágenes en la que se considera que aparece con mayor probabilidad una pelota en movimiento).

El parámetro de distancia  $s(D)$  determina el criterio de tamaño de pelota, de manera que una distancia  $D$  relativamente larga ofrece un criterio de tamaño de pelota equivalente a una pelota relativamente pequeña y, al contrario, de manera que una distancia  $D$  relativamente corta ofrece un criterio de tamaño de pelota equivalente a una pelota relativamente grande. Según una forma de realización preferida de la invención, el criterio de tamaño de pelota específica un intervalo de tamaño de pelota aceptable (equivalente a un intervalo de área de imagen de pelota). Para recibir el parámetro de distancia  $s(D)$ , los medios de seguimiento 122 incluyen al menos una interfaz 12 o 13. Puede incluirse una interfaz de máquina 12, la cual interactúa con los medios de grabación de imágenes. A través de esta interfaz 12, el parámetro de distancia  $s(D)$  puede recibirse automáticamente en forma de una señal de distancia focal desde una función de enfoque automático de los medios de grabación de imágenes 110. Como alternativa, o de manera complementaria, los medios de seguimiento 122 pueden incluir una interfaz de usuario 13, que está adaptada para recibir un parámetro de distancia  $s(D)$  introducido manualmente, es decir, una cifra fijada por el operario del sistema.

Las figuras 3 y 4 muestran una visión general de un sistema mediante un diagrama de bloques de la unidad de procesamiento digital según una segunda forma de realización de la invención. Aquí, todos los signos de referencia que sean idénticos a los signos de referencia usados en las figuras 1 y 2 denotan los mismos elementos, señales y parámetros descritos anteriormente con referencia a estas figuras. Por tanto, en pocas palabras, los medios de registro de imágenes 110 del sistema según la segunda forma de realización de la invención solo incluyen una cámara, por ejemplo representada por una cámara de televisión. Por consiguiente, solo se genera una serie de imágenes fuente  $V_S(IMG)$  y, por lo tanto, medios de seguimiento 422 propuestos están adaptados para realizar un seguimiento de una trayectoria de la pelota en movimiento 150 y para generar la señal de trayectoria de pelota  $V_{\Pi}(IMG)$  basándose en las mismas imágenes que representan los contenidos de imagen de la secuencia de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$ . Por otro lado, el principio de funcionamiento de los medios de seguimiento 422 es idéntico al de los medios de seguimiento 122 de la figura 2.

A continuación se hace referencia a la figura 5, que ilustra cómo la traza  $\Pi_B$  que ilustra la trayectoria de una pelota en movimiento puede representarse en una secuencia de imágenes compuestas según una forma de realización de la invención. Además de un golfista y un fondo, la imagen IMG de la figura 5 contiene elementos de imagen sintéticos que constituyen la traza  $\Pi_B$ , es decir, una imagen de trayectoria de pelota aumentada que muestra las posiciones históricas de la pelota, esencialmente desde que fue golpeada (o de otra manera que hizo que empezara a moverse rápidamente). La traza  $\Pi_B$  se genera gradualmente a medida que la pelota se mueve, de manera que los datos de imagen sintéticos se añaden de manera sucesiva y se superponen a los contenidos de imagen de las imágenes de la serie de imágenes fuente (por ejemplo, registradas por la cámara principal 111). Preferentemente, el color de la traza  $\Pi_B$  se asigna de manera adaptativa con respecto al fondo, de modo que se obtiene un alto contraste entre la traza  $\Pi_B$  y el fondo. Por tanto, la traza  $\Pi_B$  puede ser blanca, roja, negra o tener cualquier otro color adecuado.

Según una forma de realización preferida de la invención, se ordena al generador de gráficos 124 que genere la traza  $\Pi_B$  después de que se haya realizado con éxito un seguimiento de la posición de la pelota a través de un número predeterminado de imágenes, por ejemplo 10. Evidentemente, para permitir la presentación de la traza completa  $\Pi_B$  (es decir, desde la posición inicial  $p_1$ ) a los espectadores, se requiere un cierto tiempo de retardo entre la serie entrante de imágenes fuente  $V_S(IMG)$  y  $V_{DV}(IMG)$  y la secuencia saliente de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$ . A su vez, el retardo depende del número de parámetros, tal como las velocidades de cuadro pertinentes de los medios de grabación de imágenes 110 y la capacidad de procesamiento de los medios de seguimiento 122 o 422. Sin embargo, un retardo de entre 0,5 s y 1,0 s aproximadamente de la primera secuencia de imágenes  $V_S(IMG)$  con respecto a la segunda secuencia de imágenes  $V_{DV}(IMG)$  es generalmente suficiente para permitir realizar el seguimiento a través del número predeterminado de imágenes. Evidentemente, la secuencia de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$  también se retarda al menos la misma cantidad en relación con los eventos de escenas deportivas reales. Sin embargo, en la mayoría de transmisiones en directo esto es un tiempo de retardo totalmente aceptable.

O bien el retardo es un efecto de las características técnicas de los medios de grabación de imágenes 110 (por ejemplo, debido a que la cámara auxiliar 112 ofrece sus imágenes antes que la cámara principal 111), o bien debe introducirse un retardo artificial. Esto se aplica solamente en caso de usar una cámara (es decir, exclusivamente la cámara principal 111). Por lo tanto, según una forma de realización preferida de la invención, la unidad de procesamiento digital 120 incluye un medio de almacenamiento intermedio adaptado para almacenar en memoria intermedia las imágenes registradas por la cámara principal 111 durante un periodo de retardo (que es equivalente al número predeterminado de imágenes). La unidad de procesamiento digital 120 está adaptada además para generar la traza  $\Pi_B$  con respecto a al menos un subconjunto de las imágenes registradas durante el periodo de retardo en función de un conjunto de imágenes registradas o bien por la cámara auxiliar 112 durante el periodo de retardo (si los medios de grabación de imágenes 110 incluyen dos cámaras), o bien en función de un conjunto de imágenes registradas por la cámara principal 111 durante el periodo de retardo (si los medios de grabación de imágenes 110 incluyen solamente esta cámara).

Para garantizar que la primera y la segunda secuencia de imágenes  $V_S(IMG)$  y  $V_{DV}(IMG)$  están sincronizadas, es preferible que cada imagen de la secuencia respectiva tenga una marca de tiempo. Además, para reflejar la trayectoria de la pelota de manera apropiada en la secuencia de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$ , es ventajoso que la función de solapamiento  $F_{solapamiento}$  antes descrita se use para trasladar cualquier posición de pelota registrada por la cámara auxiliar 112 a posiciones correspondientes en las imágenes registradas por la cámara principal 111.

Para reducir la carga de procesamiento provocada por el algoritmo de identificación para detectar automáticamente una pelota en movimiento, la identificación de una posición de imagen inicial  $p_1$  para la pelota en movimiento también se inhibe preferentemente después de haberse realizado el seguimiento de al menos una pelota a través de un primer número predefinido de imágenes, por ejemplo 10 imágenes consecutivas.

Se supone que antes de golpearse, la pelota estaba quieta (o al menos casi quieta) en un punto original  $p_0$ . Entonces, cuando la pelota se golpea, esto es detectado por el sistema propuesto, y cuando la pelota ha alcanzado una posición  $p_1$ , se supone que el algoritmo de selección de pelota ha concluido que los criterios pertinentes se han cumplido, y comienza la traza  $\Pi_B$ . Evidentemente, la pelota también se mueve (de alguna manera) entre el punto original  $p_0$  y la posición  $p_1$ . Sin embargo, esto no puede ilustrarse mediante la traza  $\Pi_B$ , ya que el sistema no conoce, o no necesita conocer, el punto original  $p_0$ . Por lo tanto,  $p_1$  se define para que represente una posición de imagen inicial para la pelota en movimiento. Después, posiciones de pelota actualizadas para la pelota en movimiento se generan en las posiciones  $p_2$ ,  $p_3$  y  $p_4$ , y así sucesivamente. Sin embargo, si se desea, es técnica factible extender además la traza  $\Pi_B$  hasta un punto original estimado  $p_0$ .

Debe observarse que, incluso aunque las figuras 1 y 3 muestran medios de grabación de imágenes 110 montados en un trípode, según la invención, los medios de grabación de imágenes 110 también pueden representarse correctamente mediante una unidad llevada a mano dotada de medios de estabilización de imagen.

A continuación se explicarán formas de realización de una etapa de estimación del algoritmo de selección de pelota propuesto con referencia a la figura 6. Aquí se muestra un área de imagen completa  $A_{IMG}$ , que incluye una subárea, un área primaria  $A_P$ , dentro de la cual se espera que esté ubicada la posición de imagen inicial para la pelota en movimiento. Por lo tanto, el algoritmo de selección de pelota incluye preferentemente una etapa de estimación de posición en la que se descarta cualquier candidato a pelota que esté ubicado fuera del área primaria  $A_P$  de la imagen fuente.

En el caso del golf, el área primaria  $A_P$  puede representar una parte inferior  $h_{2/3}$  que ocupa dos tercios del área  $A_{IMG}$  de la imagen fuente. El área primaria  $A_P$  puede representar además, o como alternativa, una parte  $b_{1/2}$  que ocupa el 50% de la imagen fuente en torno a una línea vertical central  $C$  a través de la imagen.

Según una forma de realización preferida de la invención, los medios de grabación de imágenes 110, por ejemplo en la cámara auxiliar 112, incluye un sensor de imagen que contiene un conjunto de elementos de sensor adaptados para permitir la lectura de datos de imágenes grabados por un subconjunto seleccionado de los elementos de sensor. Por tanto, puede definirse una denominada región de interés (RoI), que es equivalente al área primaria  $A_P$ . Actualmente hay, por ejemplo, sensores de imagen de tipo CMOS que permiten esta lectura de datos de imágenes.

Como se ha mencionado anteriormente, la posición de imagen inicial para la pelota en movimiento se selecciona del conjunto de candidatos a pelota en función del algoritmo de selección de pelota y de un criterio de tamaño de pelota. Preferentemente, este criterio de algoritmo especifica un intervalo de áreas de imagen de pelota aceptables (es decir, un intervalo particular del número de elementos de imagen), que se obtiene a partir del parámetro de distancia  $s(D)$ .

A su vez, el algoritmo de selección de pelota implica preferentemente una estimación de redondez en la que se descarta cualquier candidato a pelota que no satisfaga un requisito de simetría de rotación, y/o que no satisfaga un requisito que pertenece a una relación entre un diámetro máximo del grupo de elementos de imagen vecinos y un área combinada de los elementos de imagen del grupo.

Por tanto, en función del criterio de tamaño de pelota y de los criterios geométricos anteriores, puede descartarse una elevada cantidad de objetos que no son pelotas en el conjunto inicial de candidatos a pelota. A continuación se hará referencia a las figuras 7a y 7b para ilustrar detalles adicionales del algoritmo de selección de pelota propuesto según las formas de realización de la invención.

5 El algoritmo de selección de pelota implica un procedimiento de estimación de recorrido en el que los candidatos a pelota del conjunto de candidatos a pelota se analizan en tres imágenes registradas de manera consecutiva. La figura 7a muestra esquemáticamente un primer conjunto de candidatos a pelota  $b_{11}^C$ ,  $b_{12}^C$  y  $b_{13}^C$  que se han registrado en una primera imagen, un segundo conjunto de candidatos a pelota  $b_{21}^C$ ,  $b_{22}^C$  y  $b_{23}^C$  que se han  
10 registrado en una segunda imagen y un tercer conjunto de candidatos a pelota  $b_{31}^C$ ,  $b_{32}^C$ ,  $b_{33}^C$  y  $b_{34}^C$  que se han registrado en una tercera imagen.

15 El procedimiento de estimación de recorrido comprende las siguientes etapas. Primero, se define una línea respectiva candidata a trayectoria que se extiende de manera recta entre cada candidato a pelota  $b_{11}^C$ ,  $b_{12}^C$  y  $b_{13}^C$  en la primera imagen registrada y cada candidato a pelota  $b_{31}^C$ ,  $b_{32}^C$ ,  $b_{33}^C$  y  $b_{34}^C$  en la tercera imagen registrada. Entonces, el procedimiento investiga, para cada línea candidata a trayectoria, si alguno de los candidatos a pelota  $b_{21}^C$ ,  $b_{22}^C$  o  $b_{23}^C$  de la segunda imagen registrada está ubicado dentro de un área umbral desde la línea candidata a trayectoria. Se descarta cada candidato a pelota para el que no se encuentre ningún candidato a pelota.

20 Sin embargo, una trayectoria de pelota provisional  $BP^{T1}$  y  $BP^{T2}$  se define para las líneas candidatas a trayectoria restantes. La figura 7b muestra la clasificación de trayectorias de pelota provisionales  $BP^{T1}$  y  $BP^{T2}$  de este ejemplo. Para eliminar faltos registros adicionales, el procedimiento de estimación de recorrido puede incluir la siguiente etapa. En la figura 7b se muestran dos líneas verticales  $L_V$  que, con fines ilustrativos, cruzan los candidatos a pelota de primera imagen  $b_{11}^C$  y  $b_{12}^C$ , respectivamente, de las trayectorias de pelota provisionales  $BP^{T1}$  y  $BP^{T2}$ . La  
25 trayectoria de pelota provisional  $BP^{T2}$  tiene un ángulo con respecto a la línea vertical  $L_V$  que supera un ángulo umbral  $\alpha_{th}$  que representa un recorrido muy inclinado, lo cual está dentro de lo posible. En una implementación para golf, el ángulo umbral  $\alpha_{th}$  puede redondearse a  $45^\circ$  aproximadamente.

30 En este caso, el candidato a pelota descrito mediante  $b_{12}^C$ ,  $b_{23}^C$  y  $b_{34}^C$  se descarta en esta etapa. Esto deja un candidato a pelota en movimiento restante, en particular el ofrecido por  $b_{11}^C$ ,  $b_{21}^C$  y  $b_{32}^C$ . Se supone que este candidato representa un registro de una pelota real y que, como resultado, se genera la traza  $\Pi_B$  que representa la trayectoria de la pelota en movimiento (véase la figura 5). Según una forma de realización preferida de la invención, esta traza  $\Pi_B$  en la secuencia de imágenes compuestas  $V_C(IMG)$  se genera exclusivamente con respecto a un  
35 candidato a pelota que se ajusta al algoritmo de selección de pelota.

Para eliminar cualquier objeto adicional que no sea una pelota en el conjunto de candidatos a pelota, puede añadirse al algoritmo de selección de pelota el requisito de que los candidatos a pelota  $b_{21}^C$  y  $b_{23}^C$  del segundo conjunto deben estar, respectivamente, más cerca de los candidatos a pelota pertinentes  $b_{32}^C$  y  $b_{34}^C$  del tercer conjunto que a los candidatos a pelota pertinentes  $b_{11}^C$  y  $b_{12}^C$  del primer conjunto. Esto se explica mediante el efecto de perspectiva  
40 generado por la posición de grabación de imágenes con respecto al deportista y la dirección de la trayectoria de la pelota.

Además, el algoritmo de selección de pelota puede requerir uno o más de lo siguiente: que la velocidad de la pelota esté dentro de un intervalo particular (es decir, que la distancia entre el candidato a pelota en el primer y el tercer conjunto esté dentro de un determinado intervalo); que el área de imagen de la pelota disminuya (por ejemplo, que el área del primer conjunto sea mayor que el tercer conjunto, y que el área del segundo conjunto sea al menos mayor que la mitad del área del tercer conjunto); y que el candidato a pelota del tercer conjunto esté dentro de una cierta área de imagen con respecto a la ubicación del candidato a pelota del primer conjunto (por ejemplo, si se encontró que el candidato a pelota del primer conjunto estaba dentro de la parte inferior que ocupa dos tercios de la imagen fuente, el candidato a pelota del tercer conjunto debe estar dentro de la parte superior que ocupa dos tercios de la imagen fuente).

55 Sin embargo, un candidato a pelota que se ajusta al algoritmo de selección de pelota se clasifica como rastreado por los medios de seguimiento 122 o 422. La figura 8 ilustra algunos aspectos de un algoritmo de seguimiento realizado por los medios de seguimiento según formas de realización preferidas de la invención. La figura 8 muestra posiciones de imagen reales  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ ,  $(x_4, y_4)$ ,  $(x_{n-2}, y_{n-2})$ ,  $(x_{n-1}, y_{n-1})$  y  $(x_n, y_n)$  para una pelota en una serie de imágenes junto con un conjunto de posiciones de pelota estimadas  $(x_4^P, y_4^P)$ ,  $(x_{n-2}^P, y_{n-2}^P)$ ,  $(x_{n-1}^P, y_{n-1}^P)$ ,  $(x_n^P, y_n^P)$  y  $(x_{n+1}^P, y_{n+1}^P)$  en esta serie de imágenes.

60 Según una forma de realización preferida de la invención, después de que la pelota se haya rastreado en tres imágenes registradas de manera consecutiva, el seguimiento implica estimar un vector de movimiento que prediga una posición de pelota en una imagen futura, normalmente la siguiente imagen.

65 Por tanto, en una imagen fuente particular, por ejemplo una cuarta imagen, el vector de movimiento que predice una posición de pelota  $(x_4^P, y_4^P)$  se basa en una primera posición de imagen  $(x_1, y_1)$  para la pelota en una primera imagen fuente anterior a la imagen fuente particular, en una segunda posición de imagen  $(x_2, y_2)$  para la pelota en

una segunda imagen fuente posterior a la primera imagen fuente aunque anterior a la imagen fuente particular, y en una tercera posición de imagen  $(x_3, y_3)$  para la pelota en una tercera imagen fuente posterior a la segunda imagen fuente aunque anterior a la imagen fuente particular.

- 5 Específicamente, un primer vector de movimiento  $V_1$  puede calcularse como  $V_1=(x_2, y_2)-(x_1, y_1)$  y, de manera correspondiente, un segundo vector de movimiento  $V_2$  puede calcularse como  $V_2=(x_3, y_3)-(x_2, y_2)$  para reflejar los movimientos entre la primera y la segunda imagen fuente y la segunda y la tercera imagen fuente, respectivamente. La posición de pelota predicha  $(x^P_4, y^P_4)$  de la cuarta imagen se calcula entonces como:

$$(x^P_4, y^P_4) = (x_3, y_3) + V_2 \cdot \left( \frac{|V_2|}{|V_1|} \right).$$

- 10 Entonces, en un seguimiento de estado estable, después de un segundo número inicial de imágenes registradas (por ejemplo, 10), una posición de pelota en una imagen fuente particular se predice preferentemente según una relación lineal entre posiciones para la pelota en dos imágenes registradas justo antes de la imagen particular. En el ejemplo mostrado en la figura 8, tal posición de pelota predicha  $(x^P_n, y^P_n)$  se basa en una relación lineal entre las posiciones  $(x_{n-1}, y_{n-1})$  y  $(x_{n-2}, y_{n-2})$  para la pelota en las dos imágenes registradas justo antes de la imagen en la que se ha predicho la posición de la pelota. Una medida más fiable se consigue si la posición de pelota  $(x^P_{n+1}, y^P_{n+1})$  en una  $(n+1)$ -ésima imagen se predice según:

$$(x^P_{n+1}, y^P_{n+1}) = (x^P_n, y^P_n) + V_{n-1} + (V_{n-1} - V_{n-2})$$

- 20 donde  $V_{n-1}=(x_n, y_n)-(x_{n-1}, y_{n-1})$  y  $V_{n-2}=(x_{n-1}, y_{n-1})-(x_{n-2}, y_{n-2})$ .

Por tanto, la posición de pelota  $(x^P_{n+1}, y^P_{n+1})$  está basada en este caso en una alteración de velocidad absoluta entre las imágenes anteriores en lugar de en una alteración de velocidad proporcional.

- 25 Tal y como se ha mencionado anteriormente, deben satisfacerse ciertos criterios antes de iniciar el seguimiento en relación con un candidato a pelota y de generar una traza  $\Pi_B$ . Sin embargo, también se requiere un criterio de detención para el seguimiento de la pelota. Por lo tanto, según una forma de realización de la invención, el seguimiento continúa, entre 1 y 3 imágenes, hasta que no pueda encontrarse ningún candidato a pelota dentro de una distancia umbral  $d_{th}$  desde una posición de pelota predicha  $(x^P_{n+1}, y^P_{n+1})$ . En la figura 8, esto se ilustra mediante un círculo discontinuo que tiene su radio  $d_{th}$  centrado en la posición de pelota predicha  $(x^P_{n+1}, y^P_{n+1})$ .

- 30 A modo de resumen, el procedimiento general para controlar que un aparato informático genere una señal de vídeo que representa una escena deportiva según la invención se describirá a continuación con referencia al diagrama de flujo de la figura 9.

- 35 Una etapa inicial 910 recibe una pluralidad de imágenes fuente consecutivas de la escena. Después, una etapa 920, para cada imagen de la serie de imágenes recibidas, produce una imagen de diferencia entre la imagen y una imagen posterior a la misma. En la imagen de diferencia, a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por debajo de un nivel umbral se les asigna un primer valor, y a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por encima de o igual al nivel umbral se les asigna un segundo valor.

- 40 Después, una etapa 930 identifica un conjunto de candidatos a pelota. Cada candidato a pelota se representa aquí mediante un grupo de elementos de imagen vecinos, los cuales contienen el segundo valor. El grupo debe satisfacer además un criterio de tamaño de pelota. Una etapa siguiente 940 selecciona una posición de imagen inicial para la pelota en movimiento basándose en el conjunto de candidatos a pelota y en un algoritmo de selección de pelota. Siempre que haya una posición de imagen inicial para una pelota en movimiento, se inicia un procedimiento de seguimiento. Después, una etapa 950 genera una secuencia de imágenes compuestas en la que elementos de imagen sintéticos se combinan con las imágenes fuente, de manera que una traza que representa la trayectoria de la pelota en movimiento desde la posición de imagen inicial se muestra en forma de datos de imagen añadidos sucesivamente.

- 45 Todas las etapas de proceso, así como cualquier subsecuencia de etapas, descritas con referencia a la anterior figura 9 pueden controlarse mediante un aparato informático programado. Además, aunque las formas de realización de la invención descritas anteriormente con referencia a los dibujos comprenden aparatos informáticos y procesos realizados en un aparato informático, la invención también se extiende a programas informáticos, en particular a programas informáticos en un portador, adaptados para llevar la invención a la práctica. El programa puede estar en forma de código fuente, código de objetos, una fuente intermedia de código y código de objetos, por ejemplo en una forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para usarse en la implementación del proceso según la invención. El programa puede ser o bien parte de un sistema operativo o bien ser una aplicación aparte. El portador puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de llevar el programa. Por ejemplo, el portador puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una memoria flash, una ROM (memoria de solo lectura), por

- ejemplo un CD (disco compacto) o una ROM de semiconductor, una EPROM (memoria de solo lectura programable y borrrable), una EEPROM (memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente), o un medio de grabación magnético, por ejemplo un disco flexible o un disco duro. Además, el portador puede ser un portador transmisible tal como una señal eléctrica u óptica que puede transportarse a través de un cable eléctrico u óptico o mediante medios radioeléctricos o de otro tipo. Cuando el programa se incluye en una señal que puede transportarse directamente mediante un cable u otro dispositivo o medio, el portador puede estar formado por tal cable, dispositivo o medio. Como alternativa, el portador puede ser un circuito integrado en el que el programa está incorporado, donde el circuito integrado está adaptado para realizar, o para ejecutar, los procesos pertinentes.
- 5
- 10 El término "comprende/que comprende" usado en esta memoria descriptiva especifica la presencia de características, enteros, etapas o componentes indicados. Sin embargo, el término no excluye la presencia o la adición de una o más características, enteros, etapas o componentes adicionales, o grupos de los mismos.
- 15 La invención no está limitada a las formas de realización descritas en las figuras, sino que puede variar libremente dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para producir una señal de vídeo que representa una escena deportiva en la que, durante al menos un periodo, una pelota (150) se mueve por delante de un fondo esencialmente estático, comprendiendo el sistema:

5 medios de grabación de imágenes (110) adaptados para registrar una serie de imágenes fuente ( $V_s(IMG)$ ,  $V_{Dv}(IMG)$ ) de la escena;  
 medios de seguimiento (122, 422) adaptados para seguir una trayectoria de la pelota en movimiento (150) a través de al menos un subconjunto de las imágenes en dicha serie, donde el seguimiento implica diferenciar  
 10 entre imágenes registradas de manera consecutiva en las que se identifican áreas de imagen que se han actualizado en una imagen registrada posteriormente en relación con una imagen registrada anteriormente; y un generador de gráficos (124) adaptado para, en función de dichas imágenes fuente ( $V_s(IMG)$ ,  $V_{Dv}(IMG)$ ), generar una secuencia de imágenes compuestas ( $V_C(IMG)$ ) en la que elementos de imagen sintéticos se combinan con las imágenes de dicha serie, de manera que una traza ( $\Pi_B$ ) que representa la trayectoria de la  
 15 pelota en movimiento (150) se muestra en forma de datos de imagen añadidos que se superponen sucesivamente a los contenidos de imagen de las imágenes de dicha serie, caracterizado por que los medios de seguimiento (122, 422) están adaptados para identificar automáticamente una posición de imagen inicial ( $p_1$ ) para la pelota en movimiento (150) de la siguiente manera:

20 produciendo, para cada imagen (IMG) de dicha serie, una imagen de diferencia entre la imagen y una imagen posterior a la misma, donde en la imagen de diferencia, a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por debajo de un nivel umbral se les asigna un primer valor, y a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por encima de o igual al nivel umbral se les asigna un segundo valor,  
 25 identificando un conjunto de candidatos a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C, b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C, b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ), donde cada candidato a pelota se representa mediante un grupo de elementos de imagen vecinos que contienen el segundo valor y dicho grupo satisface un criterio de tamaño de pelota, y seleccionando la posición de imagen inicial ( $p_1$ ) del conjunto de candidatos a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C, b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C, b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ) en función de un algoritmo de selección de pelota que comprende  
 30 una etapa de estimación de posición, donde se descarta cualquier candidato a pelota que esté situado fuera de un área primaria ( $A_P$ ) de la imagen fuente (IMG), donde el área primaria ( $A_P$ ) representa una parte particular de la imagen fuente (IMG) y el algoritmo de selección de pelota implica un procedimiento de estimación de recorrido en el que los candidatos a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C, b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C, b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ) del conjunto de candidatos a pelota se analizan en tres imágenes registradas de manera consecutiva, y los medios de seguimiento (122, 422) están adaptados además para:

40 definir una línea respectiva candidata a trayectoria que se extiende de manera recta entre cada candidato a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C$ ) en una primera imagen registrada y cada candidato a pelota ( $b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ) en una tercera imagen registrada,  
 descartar cada candidato a pelota para el que, en una segunda imagen registrada entre la primera y la tercera imagen registrada, no se encuentre ningún candidato a pelota ( $b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C$ ) dentro un área umbral desde la línea candidata a trayectoria, y  
 45 definir una trayectoria de pelota provisional ( $BP^T1, BP^T2$ ) para las líneas candidatas a trayectoria restantes.

2. El sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende una unidad de procesamiento digital (120) a la que están conectados los medios de grabación de imágenes (110), y la unidad de procesamiento digital (120) comprende los medios de seguimiento (122, 142).

3. El sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que la unidad de procesamiento digital (120) comprende el generador de gráficos (124).

4. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que los medios de grabación de imágenes (110) comprenden una cámara principal (111) y una cámara auxiliar (112), las cámaras (111, 112) están ubicadas en el mismo sitio y fijadas de manera mecánica entre sí, y la unidad de procesamiento digital (120) está adaptada para conseguir un ajuste de paralaje con respecto a dichas cámaras (111, 112).

5. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de seguimiento (122, 142) están adaptados para recibir un parámetro de distancia ( $s(D)$ ) para formar una base para el algoritmo de selección de pelota, donde el parámetro de distancia ( $s(D)$ ) refleja una distancia ( $D$ ) entre los medios de grabación de imágenes (110) y una posición de pelota física estimada ( $p'_1$ ), y el parámetro de distancia ( $s(D)$ ) determina el criterio de tamaño de pelota.

6. El sistema según la reivindicación 5, caracterizado por que los medios de seguimiento (122, 142) comprenden una interfaz de máquina (12) que interactúa con los medios de grabación de imágenes que están adaptados para recibir el parámetro de distancia (s(D)) en forma de una señal de distancia focal.

5 7. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado por que los medios de seguimiento (122, 142) comprenden una interfaz de usuario (13) adaptada para recibir un parámetro de distancia (s(D)) introducido manualmente.

10 8. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado por que la unidad de procesamiento digital (120):

comprende medios de almacenamiento intermedio adaptados para almacenar en memoria intermedia imágenes (IMG) registradas por la cámara principal (111) durante un periodo de retardo, y está adaptada para, en función de un conjunto de imágenes registradas por la cámara auxiliar (112) durante el periodo de retardo, generar la traza ( $\Pi_B$ ) con respecto a al menos un subconjunto de las imágenes registradas durante el periodo de retardo.

9. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de grabación de imágenes (110) comprenden un sensor de imagen que contiene un conjunto de elementos de sensor, y el sensor de imagen está adaptado para permitir la lectura de datos de imagen grabados por un subconjunto seleccionado de los elementos de sensor.

10. Un procedimiento para producir una señal de vídeo que representa una escena deportiva en la que, durante al menos un periodo, una pelota (150) se mueve por delante de un fondo esencialmente estático, comprendiendo el procedimiento:

registrar una serie de imágenes fuente (IMG) de la escena; seguir una trayectoria de la pelota en movimiento (150) a través de al menos un subconjunto de las imágenes en dicha serie, donde el seguimiento implica diferenciar entre imágenes registradas de manera consecutiva en las que se identifican áreas de imagen que se han actualizado en una imagen registrada posteriormente en relación con una imagen registrada anteriormente; y generar, en función de dichas imágenes fuente ( $V_S(IMG)$ ,  $V_I(IMG)$ ), una secuencia de imágenes compuestas ( $V_C(IMG)$ ) en la que elementos de imagen sintéticos se combinan con las imágenes de dicha serie, de manera que una traza ( $\Pi_B$ ) que representa la trayectoria de la pelota en movimiento (150) se muestra en forma de datos de imagen añadidos que se superponen sucesivamente a los contenidos de imagen de las imágenes de dicha serie, caracterizado por que el procedimiento comprende identificar automáticamente una posición de imagen inicial ( $p_1$ ) para la pelota en movimiento (150) de la siguiente manera:

produciendo, para cada imagen (IMG) de dicha serie, una imagen de diferencia entre la imagen (IMG) y una imagen posterior a la misma, donde en la imagen de diferencia, a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por debajo de un nivel umbral se les asigna un primer valor, y a todos los elementos de imagen que representan una alteración de contenido por encima de o igual al nivel umbral se les asigna un segundo valor, identificando un conjunto de candidatos a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C, b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C, b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ), donde cada candidato a pelota se representa mediante un grupo de elementos de imagen vecinos que contienen el segundo valor y dicho grupo satisface un criterio de tamaño de pelota, y seleccionando la posición de imagen inicial ( $p_1$ ) del conjunto de candidatos a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C, b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C, b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ) en función de un algoritmo de selección de pelota que comprende una etapa de estimación de posición, donde se descarta cualquier candidato a pelota que esté situado fuera de un área primaria ( $A_P$ ) de la imagen fuente (IMG), donde el área primaria ( $A_P$ ) representa una parte particular de la imagen fuente (IMG) y el algoritmo de selección de pelota implica un procedimiento de estimación de recorrido en el que los candidatos a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C, b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C, b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ) del conjunto de candidatos a pelota se analizan en tres imágenes registradas de manera consecutiva, comprendiendo el procedimiento de estimación de recorrido:

definir una línea respectiva candidata a trayectoria que se extiende de manera recta entre cada candidato a pelota ( $b_{11}^C, b_{12}^C, b_{13}^C$ ) en una primera imagen registrada y cada candidato a pelota ( $b_{31}^C, b_{32}^C, b_{33}^C, b_{34}^C$ ) en una tercera imagen registrada, descartar cada candidato a pelota para el que, en una segunda imagen registrada entre la primera y la tercera imagen registrada, no se encuentre ningún candidato a pelota ( $b_{21}^C, b_{22}^C, b_{23}^C$ ) dentro un área umbral desde la línea candidata a trayectoria, y definir una trayectoria de pelota provisional ( $BP^T1, BP^T2$ ) para las líneas candidatas a trayectoria restantes.

65

11. El procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que el criterio de tamaño de pelota especifica una variedad de áreas de imagen de pelota que son equivalentes a un intervalo particular de elementos de imagen.
- 5 12. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado por que el algoritmo de selección de pelota comprende una etapa de estimación de redondez en la que se descarta cualquier candidato a pelota que no satisfaga al menos uno de:
- 10 un requisito de simetría de rotación, y  
un requisito que pertenece a una relación entre un diámetro máximo del grupo de elementos de imagen vecinos y un área combinada de los elementos de imagen del grupo.
13. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que el área primaria ( $A_P$ ) representa una parte inferior que ocupa dos tercios de la imagen fuente (IMG).
- 15 14. El procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que el área primaria ( $A_P$ ) representa una parte que ocupa el 50% de la imagen fuente en torno a una línea vertical central (C) a través de la imagen fuente (IMG).
- 20 15. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que el procedimiento de estimación de recorrido comprende además descartar cualquier candidato a pelota ( $b_{12}^C, b_{23}^C, b_{34}^C$ ) cuya trayectoria de pelota provisional ( $BP^T2$ ) tenga un ángulo con respecto a una línea vertical ( $L_V$ ) que supere un ángulo umbral ( $\alpha_{th}$ ).
- 25 16. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, caracterizado por generar exclusivamente la traza ( $\Gamma_B$ ) que representa la trayectoria de la pelota en movimiento (150) en la secuencia de imágenes compuestas ( $V_C(IMG)$ ) con respecto a un candidato a pelota ( $b_{11}^C, b_{21}^C, b_{32}^C$ ) que se ajusta al algoritmo de selección de pelota.
- 30 17. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, caracterizado por inhibir la identificación de una posición de imagen inicial ( $p_1$ ) para la pelota en movimiento (150) después de que se haya realizado el seguimiento de al menos una pelota a lo largo de un primer número predefinido de imágenes.
- 35 18. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, caracterizado por que, después de las tres imágenes registradas de manera consecutiva, el seguimiento implica la estimación de un vector de movimiento que predice una posición de pelota ( $(x_4^P, y_4^P)$ ) en una imagen fuente particular, estando basado el vector de movimiento en:
- 40 una primera posición de imagen ( $(x_1, y_1)$ ) para la pelota (150) en una primera imagen fuente que precede a la imagen fuente particular;  
una segunda posición de imagen ( $(x_2, y_2)$ ) para la pelota (150) en una segunda imagen fuente posterior a la primera imagen fuente aunque anterior a la imagen fuente particular; y  
una tercera posición de imagen ( $(x_3, y_3)$ ) para la pelota (150) en una tercera imagen fuente posterior a la segunda imagen fuente aunque anterior a la imagen fuente particular.
- 45 19. El procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado por, después de un segundo número inicial de imágenes registradas, donde el segundo número es mayor que tres, predecir la posición de pelota ( $(x_n^P, y_n^P)$ ) en la imagen fuente particular en función de una relación lineal entre posiciones ( $(x_{n-1}, y_{n-1}); (x_{n-2}, y_{n-2})$ ) para la pelota (150) en dos imágenes registradas justo antes de la imagen particular.
- 50 20. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 19, caracterizado por proseguir con el seguimiento hasta que no pueda encontrarse ningún candidato a pelota dentro de una distancia umbral ( $d_{th}$ ) desde la posición de pelota predicha ( $(x_{n+1}^P, y_{n+1}^P)$ ).
- 55 21. Un programa informático que puede cargarse directamente en la memoria interna de un ordenador, que comprende software para controlar las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 20 cuando dicho programa se ejecuta en el ordenador.
22. Un medio legible por ordenador, que tiene un programa grabado en el mismo, donde el programa hace que un ordenador controle las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 20.

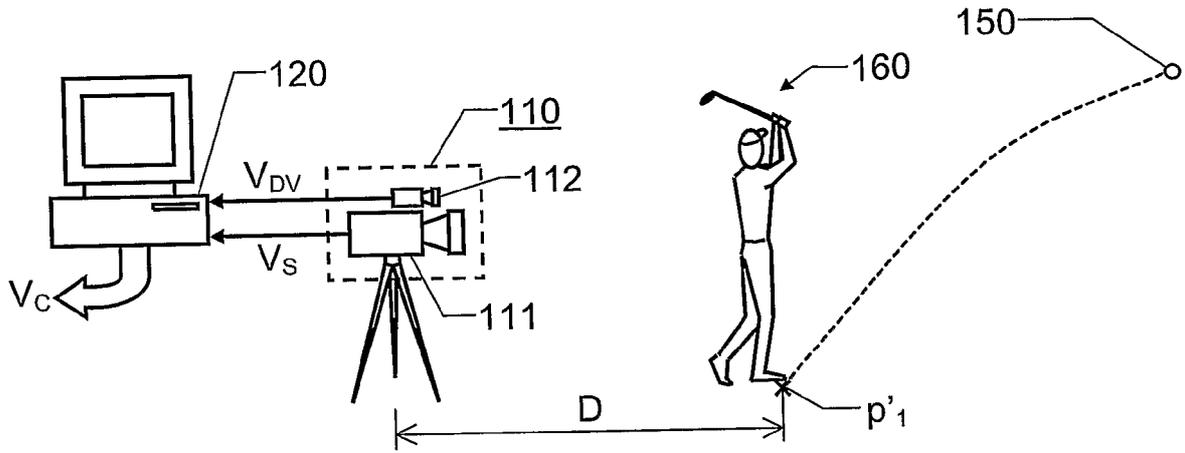


Fig. 1

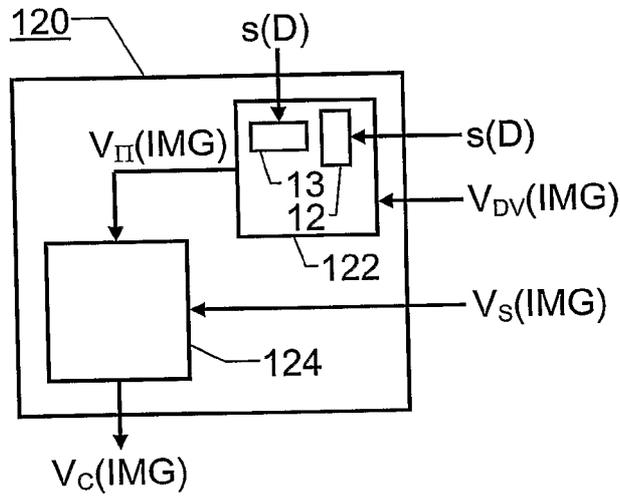


Fig. 2

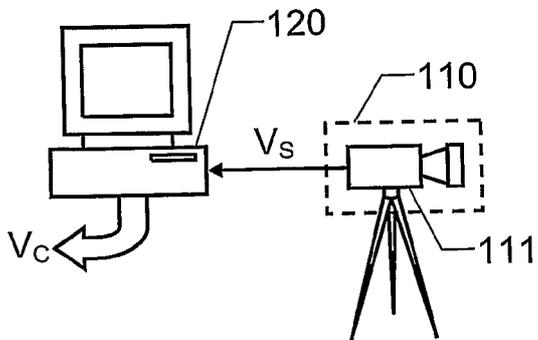


Fig. 3

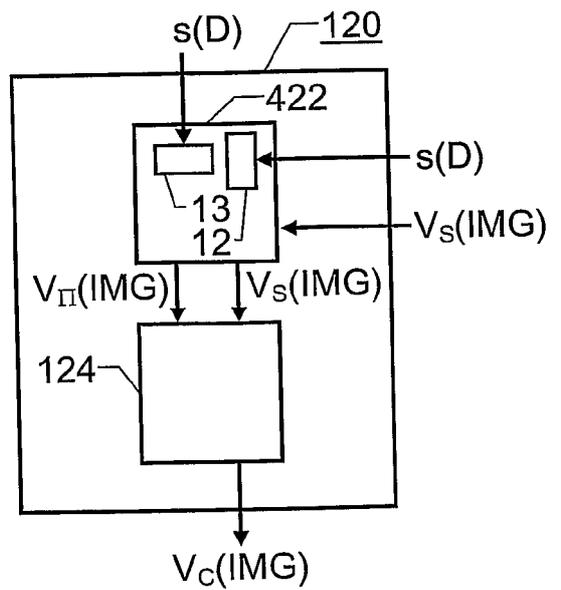
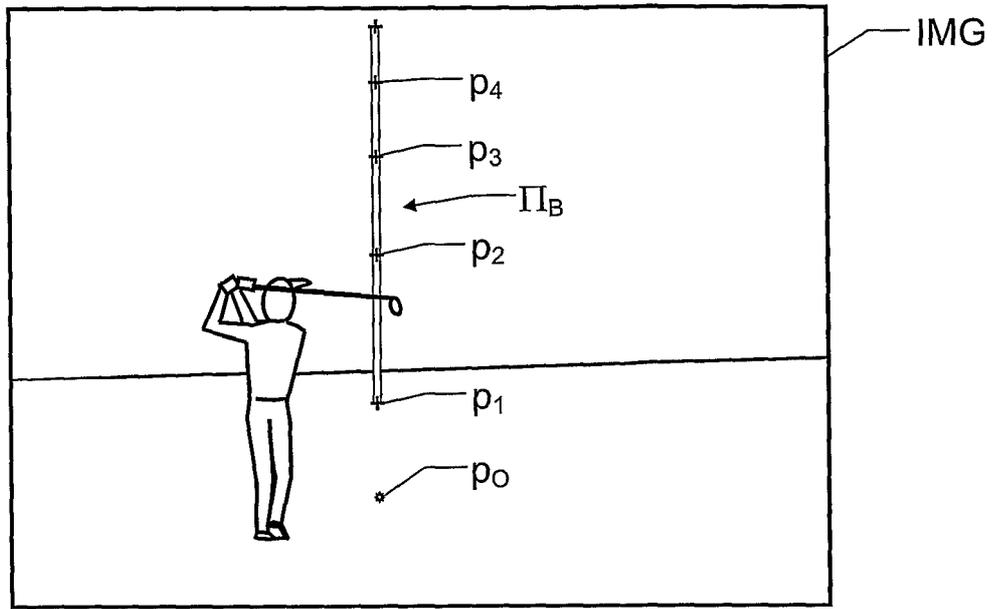
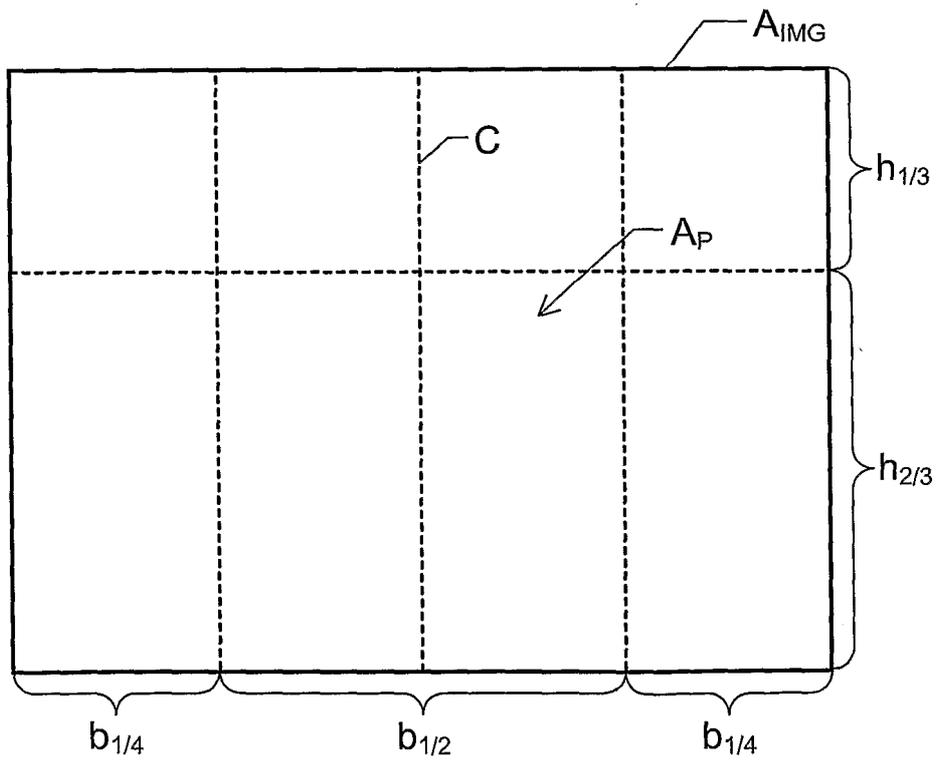


Fig. 4



**Fig. 5**



**Fig. 6**

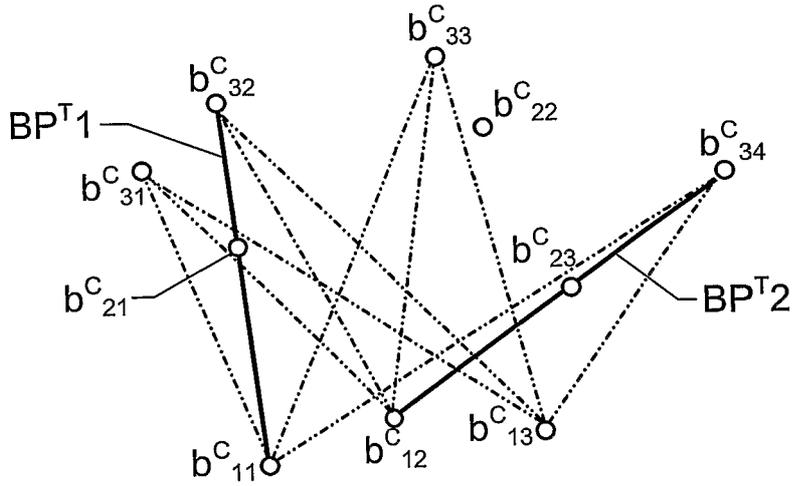


Fig. 7a

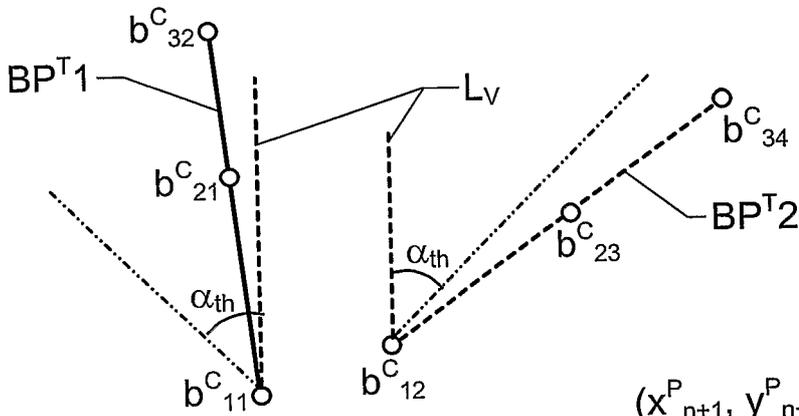


Fig. 7b

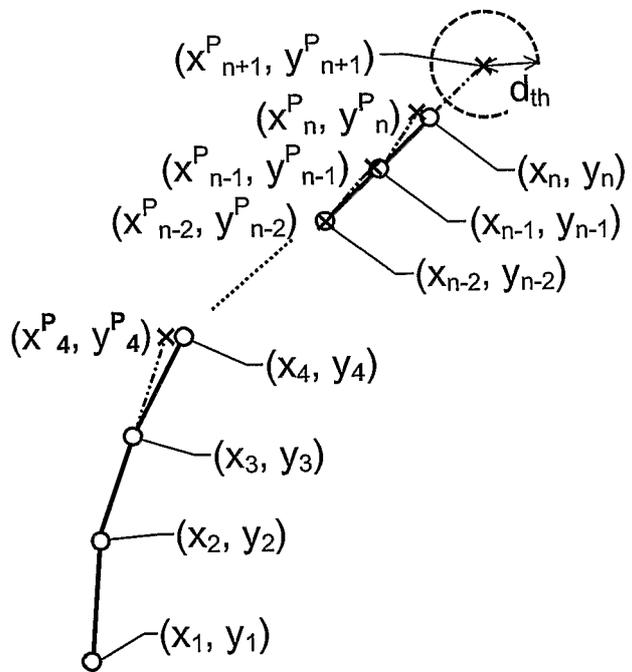


Fig. 8

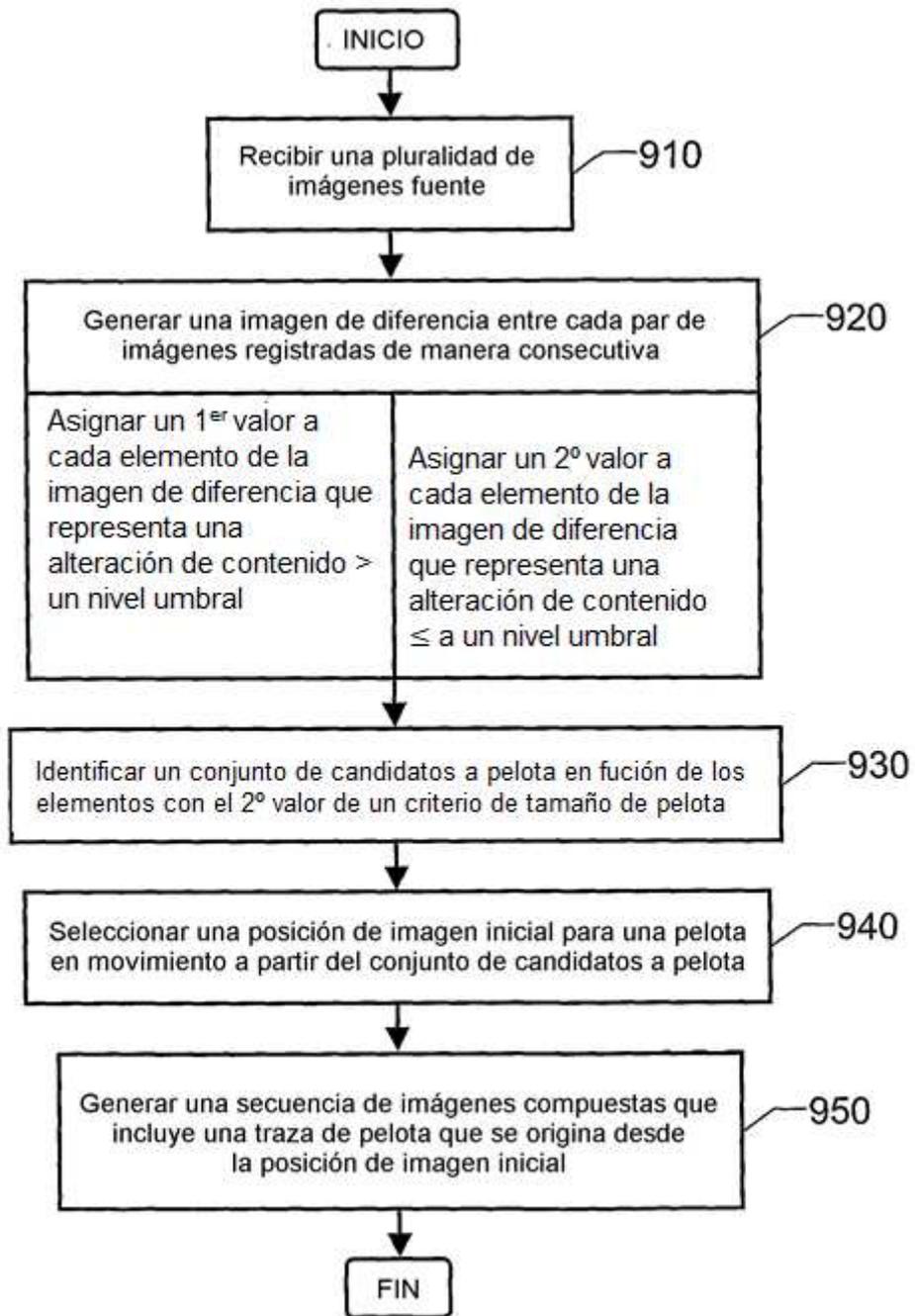


Fig. 9