

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 543**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 13/40 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2013 PCT/EP2013/073558**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO14079729**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2013 E 13791786 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 2923301**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la reconstrucción de un movimiento de un objeto**

30 Prioridad:

22.11.2012 DE 102012111304

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

25.10.2018

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GES. ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**OTTO, STEPHAN;
BRETZ, INGMAR;
FRANKE, NORBERT;
VON DER GRÜN, THOMAS y
MUTSCHLER, CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 687 543 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

Procedimiento y dispositivo para la reconstrucción de un movimiento de un objeto

5 Los ejemplos de realización de la presente invención se refieren a dispositivos, procedimientos y programas informáticos para la reconstrucción de un movimiento de un objeto con ayuda de secuencias de movimiento prefabricadas o almacenadas previamente de un modelo informático del objeto.

10 En numerosas aplicaciones parece deseable poder poner a disposición reconstrucciones de movimiento fiables, como por ejemplo para el análisis de situación y/o de movimiento en retransmisiones deportivas. Por ejemplo, en muchas disciplinas deportivas, como por ejemplo fútbol, balonmano, fútbol americano, baloncesto, béisbol, boxeo (por mencionar solo algunas) exista la necesidad de analizar determinadas situaciones de movimiento de los deportistas y/o de un dispositivo de juego (como por ejemplo un balón), en tiempo real o posteriormente (postproducción).

15 Actualmente se utilizan para ello principalmente sistemas ópticos, es decir basados en sistemas de cámaras, con los que pueden reproducirse de nuevo y analizarse situaciones de movimiento de interés, por ejemplo por medio de repeticiones y ajustes de cámara lenta. Sin embargo, tales sistemas alcanzan regularmente en la práctica sus límites, de modo que puede suceder una y otra vez, que tampoco una cámara lenta permita un valor informativo suficiente en cuanto a una situación de juego cuestionable y/o una evolución de movimiento cuestionable. En algunas situaciones no puede reconocerse claramente un movimiento y/o una posición de un objeto desde un determinado ángulo de visión, como por ejemplo un ángulo de visión de una cámara, que ha captado la situación de juego, porque por ejemplo una vista de partes del cuerpo y/o dispositivos de juego decisivos está tapada por otros objetos.

20 Dado que con los acontecimientos deportivos y su resultado en el deporte profesional en la mayoría de los casos también está asociado un alto valor financiero y/o económico, deberían evitarse en particular aquellas decisiones erróneas, que puedan influir drásticamente en el resultado de un acontecimiento deportivo. Ejemplos prominentes de ello son decisiones sobre penaltis, decisiones sobre fueras de juego o decisiones sobre goles en el fútbol. En otras disciplinas deportivas hay decisiones importantes de manera comparable, que basándose en sistemas ópticos a menudo solo pueden tomarse con una precisión insuficiente.

25 Conceptos conocidos para el reconocimiento y la síntesis de desarrollos de movimiento se describen, por ejemplo, en Kilner J., J.-Y. Guillemaut, Hilton A.: "Summarised hierarchical Markov models for speed-invariant action matching", 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision workshops, ICCV workshops: Kioto, Japón, 27 de septiembre - 4 de octubre de 2009, o BOBICK A. F., DAVIS J W.: "THE RECOGNITION OF HUMAN MOVEMENT USING TEMPORAL TEMPLATES", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, marzo de 2001, IEEE Computer Society, EE. UU., o Wataru Takano ET AL.: "Realtime Unsupervised Selftuning Segmentation of Behavioral Motion Patterns Based on Probabilistic Correlation and Its Application to Automatic Acquisition of Proto-Symbols", NIHON ROBOTTO GAKKAISHI - JOURNAL OF THE ROBOTICS SOCIETY OF JAPAN, tomo 27, n.º 9, 1 de enero de 2009 (01-01-2009), páginas 1046-1057, JP ISSN: 0289-1824, DOI: 10.7210/jrsj.27.1046.

30 Para poder tomar decisiones eventualmente decisivas para el juego de información más segura y/o más acertada o más compleja sobre desarrollos de movimiento, un objetivo de la presente invención consiste en poner a disposición posibilidades de evaluación o de análisis mejoradas con respecto al estado de la técnica de situaciones de movimiento.

35 Este objetivo se alcanza mediante procedimientos y dispositivos con las características de las reivindicaciones independientes. Configuraciones ventajosas y perfeccionamientos adicionales son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

40 Según una idea básica, los ejemplos de realización de la presente invención se sirven de al menos una base de datos con desarrollos de movimiento o segmentos de patrón de movimiento almacenados previamente de un modelo informático, que se comparan informáticamente con desarrollos de movimiento o segmentos de patrón de movimiento reales registrados después de un objeto real, como por ejemplo un ser vivo. Si en los desarrollos de movimiento almacenados se encuentra por medio de un algoritmo adecuado un patrón de movimiento que encaja con el movimiento real del modelo informático del objeto, puede reconstruirse virtualmente el movimiento real del objeto basándose en el patrón de movimiento encontrado del modelo informático. Con una reconstrucción de movimiento virtual de este tipo de un movimiento realizado realmente por un objeto, como por ejemplo un ser humano o un animal, puede crear por tanto una especie de realidad virtual, que ofrece posibilidades de observación o de análisis esencialmente más flexibles que las que son posibles con sistemas convencionales.

45 El alcance de protección de la invención está limitado por las reivindicaciones.

50 Según un primer aspecto de la presente invención se propone un procedimiento para la reconstrucción de un movimiento real de un objeto a partir de una secuencia de segmentos de patrón de movimiento de un modelo

informático del objeto según la reivindicación 1. A este respecto, cada segmento de patrón de movimiento corresponde a un intervalo o fragmento de tiempo diferente del movimiento. Además, el objeto, como por ejemplo un ser vivo, en particular un ser humano, presenta al menos un punto de apoyo acoplado con o dotado de un sensor o marcador de posición para un registro del movimiento. El procedimiento comprende según ejemplos de realización las siguientes etapas:

a) registrar una transición de movimiento real entre un estado de movimiento inicial y un estado de movimiento final del objeto en un intervalo de tiempo del movimiento real basándose en datos de posición recibidos por el sensor/marcador de posición del al menos un punto de apoyo;

b) seleccionar al menos un segmento de patrón de movimiento correspondiente a la transición de movimiento real a partir de una pluralidad de patrones de movimiento depositados en una base de datos del modelo informático, de tal manera que el segmento de patrón de movimiento seleccionado conduce con una probabilidad suficiente (en particular máxima) partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo; y

c) reconstruir una imagen reproducida virtual del movimiento real del objeto durante el intervalo de tiempo usando el estado de movimiento inicial y el segmento de patrón de movimiento seleccionado, y los detalles adicionales de la reivindicación 1.

Por una probabilidad suficiente se entenderá a continuación una probabilidad por encima de un umbral de probabilidad predeterminado, que dado el caso puede adaptarse a las condiciones de entorno o de transmisión. En algunos ejemplos de realización, al seleccionar el al menos un segmento de patrón de movimiento correspondiente a la transición de movimiento real se obtienen uno o varios segmentos de patrón de movimiento potenciales con diferentes probabilidades. De estos segmentos de patrón de movimiento potenciales puede seleccionarse entonces en algunos ejemplos de realización aquel que conduce con la mayor probabilidad partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final para el intervalo de tiempo considerado. En un número finito de posibles estados de movimiento y transiciones de movimiento del modelo informático habrá siempre al menos un segmento de patrón de movimiento que, en comparación con otros, conduce con la mayor probabilidad partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final para el intervalo de tiempo considerado.

En el caso del procedimiento, según algunos ejemplos de realización, puede tratarse de un procedimiento iterativo y preferiblemente de uno implementado por ordenador, que puede realizarse por medio de un componente de hardware programado correspondientemente, como por ejemplo un procesador o un circuito integrado, cuando se ejecuta o transcurre en el mismo un programa informático que implementa el procedimiento. Es decir, las etapas de procedimiento a) a c) enumeradas anteriormente pueden formar una iteración actual de un procedimiento iterativo para la reconstrucción del movimiento. A este respecto, el estado de movimiento inicial para la iteración actual puede haberse reconstruido o calculado en una iteración anterior del procedimiento iterativo, de modo que la imagen reproducida reconstruida del movimiento puede componerse en total a partir de una pluralidad de segmentos de patrón de movimiento correspondientes a intervalos de tiempo/iteraciones seleccionados y consecutivos. A este respecto, al seleccionar puede compararse una transición de movimiento real registrada o detectada del objeto iterativamente con los patrones de movimiento depositados del modelo informático, de modo que se determina una hipótesis para un estado de movimiento actual del objeto basándose en al menos un estado de movimiento pasado del objeto y una probabilidad de transición actual, que corresponde a una posible transición de movimiento entre al menos dos estados de movimiento diferenciados sucesivos temporalmente del objeto. A este respecto, un estado de movimiento actual y el al menos un estado de movimiento pasado del objeto pueden formar una secuencia de un modelo de Markov, es decir, los diferentes estados y transiciones de movimiento pueden modelarse según algunos ejemplos de realización mediante una cadena de Markov discreta. En tales formas de realización, por medio de la selección del al menos un segmento de patrón de movimiento puede determinarse la secuencia más probable de estados de movimiento en un modelo de Markov predeterminado y de una secuencia registrada (y posiblemente disipada) de transiciones de movimiento, para reconstruir el movimiento real del objeto.

Un hardware programado o configurados correspondientemente para la realización del procedimiento puede considerarse según un aspecto adicional de la presente invención como un dispositivo para la reconstrucción de un movimiento real de un objeto a partir de una secuencia de segmentos de patrón de movimiento de un modelo informático del objeto, correspondiendo cada segmento de patrón de movimiento a un intervalo de tiempo diferente del movimiento, y presentando el objeto al menos un punto de apoyo acoplado con o dotado de un sensor/marcador de posición. A este respecto, el dispositivo comprende un módulo para registrar o detectar una transición de movimiento (real) entre un estado de movimiento inicial y un estado de movimiento final del objeto en un intervalo de tiempo del movimiento basándose en datos de posición del al menos un punto de apoyo recibidos por el marcador de posición. Además, el dispositivo comprende un módulo para seleccionar al menos un segmento de patrón de movimiento correspondiente a la transición de movimiento a partir de una pluralidad de patrones de movimiento depositados en una base de datos del modelo informático, conduciendo el segmento de patrón de movimiento seleccionado con una probabilidad suficiente partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo. Además, está previsto un módulo para reconstruir una imagen reproducida del movimiento del objeto durante el intervalo de tiempo usando el estado de movimiento inicial y el segmento de patrón

de movimiento seleccionado. Los módulos individuales pueden entenderse según ejemplos de realización en cada caso como partes de circuito electrónico del dispositivo.

5 En el caso del objeto, cuyo movimiento debe reconstruirse, puede tratarse en particular de un objeto de múltiples elementos, en el que los elementos individuales están separados por tramos de tipo articulado y pueden moverse entre sí. Es decir, como un objeto de este tipo pueden considerarse por ejemplo seres humanos, animales, pero también construcciones mecánicas. También son concebibles dispositivos deportivos, como por ejemplo balones o raquetas. Para poder determinar datos de posición de partes de objeto individuales, se dotan puntos de apoyo en el objeto o en las partes de objeto individuales, es decir por ejemplo articulaciones y/o elementos, en cada caso de sensores. A este respecto, según algunos ejemplos de realización puede tratarse de sensores o marcadores de posición por radio de un sistema de localización en tiempo real (RTLS = *Real-Time Locating System*), que puede determinar las posiciones o coordenadas geográficas (por ejemplo coordenadas x, y, z) de los sensores o radiomarcadores en tiempo real. Es decir, el módulo para registrar la transición de movimiento real puede estar adaptado según algunos ejemplos de realización, para registrar el movimiento real o la transición de movimiento real del objeto en tiempo real. A este respecto, "tiempo real" quiere decir un requisito de que un acontecimiento, por ejemplo coordenadas suministradas o calculadas, se determina de manera garantizada dentro de un intervalo de tiempo predefinido anteriormente, es decir antes de un determinado límite de tiempo. Es decir, un sistema en tiempo real debería proporcionar no solo un resultado de medición o de cálculo con el valor correcto, sino el mismo también a tiempo, por ejemplo en el plazo de una fracción de segundo.

20 Es decir, un sensor o marcador de posición puede presentar según ejemplos de realización un emisor de radio activo, que se coloca en un punto de apoyo que debe localizarse del objeto y transmite de manera constante o regular señales de radio para la determinación de la posición a un receptor de radio del módulo para registrar la transición de movimiento. El marcador de posición puede contener cualquier número de sensores adicionales, como por ejemplo sensores de aceleración, brújula, orientación, giroscopios, barómetros, etc. El receptor puede registrar, por ejemplo, basándose en mediciones angulares y de tiempo de funcionamiento los datos de telemetría necesario para el cálculo de la posición de un emisor, como por ejemplo coordenadas, datos de velocidad, datos de aceleración, etc. A este respecto, en principio es posible prácticamente cualquier frecuencia de radio, como por ejemplo la de las bandas ISM (ISM = *Industrial, Scientific and Medical*). Según un ejemplo de realización, una frecuencia portadora puede encontrarse por ejemplo a 2,4 GHz. Una distancia temporal entre muestras de datos de telemetría consecutivas puede adaptarse a la velocidad y/o exactitud del movimiento que debe registrarse. Así, son concebibles por ejemplo tasas de actualización de los datos de telemetría emitidos por radio de pocos Hz a algunos kHz.

35 Una ventaja de un sistema de localización por radio con respecto a sistemas ópticos debe considerarse en particular que no pueden producirse sombreados ópticos de situaciones de movimiento o de juego. Los datos de posición transmitidos o determinados por radio permiten una reconstrucción del movimiento del objeto desde cualquier perspectiva, lo que no siempre es posible en el caso de las señales ópticas, como ya se describió al principio. Tras una reconstrucción del movimiento puede observarse el movimiento reconstruido virtualmente desde cualquier perspectiva.

40 En la base de datos o en una memoria electrónica se encuentran patrones de movimiento o segmentos de patrón de movimiento creados previamente del modelo informático, que corresponden a posibles movimientos o tramos de movimiento reales del objeto y se definen por medio de posiciones o coordenadas continuas de puntos de apoyo del modelo informático. Los puntos de apoyo del modelo informático pueden corresponder esencialmente a los del objeto real. A este respecto, un segmento de patrón de movimiento comprende al menos una imagen individual (fotograma), pero preferiblemente una pluralidad de imágenes individuales (fotogramas) de un movimiento del modelo informático. Los patrones de movimiento o segmentos de patrón de movimiento predefinidos pueden crearse previa o inicialmente, por ejemplo, por medio de procedimientos de registro del movimiento conocidos (captura del movimiento), transmitiéndose por ejemplo movimientos humanos a un modelo tridimensional generado en el ordenador. Es decir, los patrones de movimiento depositados en la base de datos pueden ser patrones de movimiento tridimensionales predefinidos de un modelo informático tridimensional, que corresponden a posibles movimientos reales del objeto.

55 En el caso de los movimientos registrados o modelados puede tratarse en particular de movimientos especialmente interesantes posteriormente en la reconstrucción del movimiento, como por ejemplo determinadas combinaciones de golpes de un boxeador o determinados desarrollos de movimiento de un jugador de fútbol. En la creación de patrones de movimiento inicial en el marco de una reproducción pueden colocarse sensores o marcadores en los mismos puntos de apoyo, como por ejemplo en articulaciones o determinadas posiciones corporales, como para la reconstrucción del movimiento posterior. Para la creación de patrones de movimiento inicial también pueden utilizarse procedimientos de localización no a base de radio, como por ejemplo procedimientos ópticos. En el caso de un seguimiento óptico puede trabajarse con cámaras, que siguen marcadores de posición activos (es decir que emiten una señal) o pasivos en persona u objetos que deben registrarse. Mediante los movimientos de los marcadores en las imágenes de cámara individuales (fotogramas) puede calcularse por medio de triangulación la posición de los marcadores en tres dimensiones. Además, mediante un reconocimiento de patrones en el procesamiento de imágenes también es posible un procedimiento de registro del movimiento sin marcadores. Tras

una digitalización pueden importarse los datos sin procesar de movimiento registrados durante la reproducción a un modelo informático tridimensional y procesarse allí adicionalmente. A este respecto pueden transmitirse a un esqueleto virtual (una especie de monigote tridimensional). Este esqueleto puede estar vinculado a su vez con un modelo de enrejado, que recrear los movimientos registrados como patrón de movimiento o segmento de patrón de movimiento digital. Tras una síntesis de imágenes o la interpretación, para un observador parece que la figura virtual o el modelo informático realizan los movimientos de las personas originales o del objeto original.

Un patrón de movimiento o segmento de patrón de movimiento digital así registrado previamente puede almacenarse entonces en la base de datos eventualmente normalizado a un tamaño unitario. A este respecto, un segmento de patrón de movimiento almacenado puede pertenecer también a más de un patrón de movimiento. Es decir, un patrón de movimiento digital puede componerse a partir de una pluralidad de segmentos de patrón de movimiento digitales, que corresponden a diferentes intervalos de tiempo del patrón de movimiento digital, siendo anatómicamente improbables o incluso imposibles debido a posiciones absolutas y/o relativas de los marcadores ciertas secuencias temporales de segmentos de patrón de movimiento. Por tanto, las posiciones de marcador de segmentos de patrón de movimiento sucesivos temporalmente no deben quedar por debajo de ciertos límites de correlación cruzada. Diferentes patrones de movimiento digitales complejos pueden presentar segmentos de patrón de movimiento digitales parcialmente iguales, que corresponden a tramos de movimiento iguales o muy parecidos que corresponden a movimientos reales que se corresponden con los diferentes patrones de movimiento digitales.

Según algunos ejemplos de realización, la reconstrucción del movimiento puede tener lugar no solo basándose en la base de datos de movimiento digital, sino también considerar para el objeto un modelo físico, que prohíbe o permite algunos movimientos. Una ventaja es en este caso un modelado físicamente correcto de la interpolación del movimiento del objeto entre diferentes patrones de movimiento. Así, por ejemplo, una transición de “correr” a “saltar” puede experimentar una “transición gradual” físicamente correcta.

Una transición de movimiento real que debe reconstruirse entre dos estados de movimiento del objeto puede registrarse o determinarse debido a diferentes datos de posición discretos. A este respecto, los datos de posición del sistema de localización en el espacio tridimensional representan datos de entrada para la reconstrucción del movimiento. Proceden de diferentes posiciones en el objeto, dependiendo de dónde estaba o está colocado un emisor (etiqueta). A este respecto, una primera muestra de datos de posición discreta derivada del al menos un marcador de posición describe un primer estado de movimiento (por ejemplo estado de movimiento inicial) y una segunda muestra de datos de posición a continuación un segundo estado de movimiento (por ejemplo estado de movimiento final) en el plazo de un intervalo de tiempo entre las dos muestras de datos de tiempo discretas. Según ejemplos de realización, el intervalo de tiempo puede corresponder a la duración de una imagen individual o de un fotograma de un patrón de movimiento o segmento de patrón de movimiento registrado previamente almacenado en la base de datos, es decir por ejemplo un periodo de tiempo de desde 1/48 hasta 1/12 segundos, en particular 1/24 o 1/25 segundos. Es decir, la transición de movimiento registrada se corresponde con al menos una trayectoria del al menos un marcador de posición que se encuentra en el objeto en el intervalo de tiempo. En el caso de objetos más complejos, como por ejemplo un ser humano, se tratará de una pluralidad de marcadores de posición (por radio), para obtener suficientes puntos de apoyo para el movimiento real que debe registrarse. Es decir, la transición de movimiento registrada se corresponde con las posiciones inicial y final de los puntos de apoyo en el intervalo de tiempo. A este respecto, anatómicamente no será posible - según el objeto y el movimiento - cualquier posición inicial y final de los puntos de apoyo (por ejemplo articulaciones y partes de esqueleto), en particular con respecto a intervalos de tiempo anteriores.

Si se registra o detecta al menos una transición de movimiento real que debe reconstruirse del objeto, puede seleccionarse a partir de la misma al menos un segmento de patrón de movimiento digital correspondiente a la transición de movimiento real de la pluralidad de los patrones de movimiento digitales depositados en la base de datos del modelo informático. Esto puede tener lugar, por ejemplo, mediante una comparación de las posiciones de marcador relativas y absolutas entre el movimiento real registrado y el patrón de movimiento digital almacenado. Para hacer que esta comparación sea lo más independiente posible del tamaño del objeto, los datos de posición o de movimiento registrados y/o los modelos de movimiento digitales depositados en la base de datos pueden normalizarse según algunos ejemplos de realización. A este respecto, la normalización conduce a un tamaño unitario del objeto. Es decir, según algunos ejemplos de realización, los patrones de movimiento digitales depositados en la base de datos pueden estar normalizados, aplicándose, para seleccionar el segmento de patrón de movimiento digital, a los datos de posición recibidos por los marcadores de posición en el objeto un factor de escalamiento correspondiente a un tamaño del objeto, para obtener un movimiento normalizado del objeto.

Según ejemplos de realización se selecciona aquel segmento de patrón de movimiento digital, que conduce con una probabilidad suficiente, preferiblemente máxima, partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo. A este respecto, los diferentes estados de movimiento posibles según algunos ejemplos de realización pueden modelarse por medio de un modelo de Markov o de una cadena de Markov discreta, para indicar probabilidades para la aparición de futuros acontecimientos o estados de movimiento. Una cadena de Markov tiene la propiedad de que mediante el conocimiento de un historial limitado son igualmente posibles pronósticos buenos sobre la evolución futura como en el caso de conocer todo el historial del proceso. En particular, los desarrollos de movimiento también pueden modelarse como un denominado modelo oculto de Markov (HMM,

Hidden Markov Model). Un HMM es un modelo estocástico, en el que se modela un sistema mediante una cadena de Markov con estado no observados. Un HMM puede considerarse como el caso especial más sencillo de una red bayesiana dinámica. El modelado como cadena de Markov significa que el sistema pasa aleatoriamente de un estado de movimiento a otro, dependiendo las probabilidades de transición entre estados de movimiento solo en cada caso del estado de movimiento actual, pero no de los estados de movimiento adoptados anteriormente. Además, se asume que las probabilidades de transición son constantes a lo largo del tiempo. Sin embargo, en un HMM no se observan los propios estados desde fuera; pueden estar subyacentes. En lugar de esto, a cada uno de estos estados internos están asociados símbolos de emisión que pueden observarse, las denominadas emisiones, que según el estado aparecen con ciertas probabilidades. El objetivo consiste en la mayoría de los casos en, partiendo de una secuencia observada de emisiones, llegar a información teórica de la probabilidad sobre los estados subyacentes. La selección de uno o varios segmentos de patrón de movimiento que encajan con una o varias transiciones de movimiento registradas puede solucionarse entonces por ejemplo por medio de un algoritmo de programación dinámica, como por ejemplo el algoritmo de avance, de retroceso o de Viterbi.

Después de que de la manera descrita anteriormente se hayan seleccionado uno o varios segmentos de patrón de movimiento de modelo informático digitales que encajan con el movimiento real registrado, puede reconstruirse o reproducirse basándose en ello la imagen reproducida virtual del movimiento registrado con ayuda de los segmentos de patrón de movimiento de modelo informático seleccionados. La reconstrucción puede tener lugar según diferentes ejemplos de realización en tiempo real y/o en un proceso de postproducción. Los segmentos de patrón de movimiento de modelo informático seleccionados de la base de datos, es decir los fotogramas de segmento de patrón de movimiento de modelo informático, pueden reproducirse en un dispositivo de visualización electrónico, como por ejemplo una pantalla. En el caso ideal, el movimiento reproducido del modelo informático equivale al movimiento real del objeto real. En el caso de segmentos de patrón de movimiento depositados de manera normalizada puede aplicarse a un segmento de patrón de movimiento seleccionado para reconstruir la imagen reproducida un factor de escalamiento correspondiente a un tamaño de objeto real, para reconstruir un desarrollo de movimiento desnormalizado del objeto con el al menos un punto de apoyo de movimiento.

Es decir, los ejemplos de realización se refieren a un concepto, que posibilita una reconstrucción del movimiento de objetos móviles y de múltiples elementos (por ejemplo seres humanos, animales, constructos mecánicos) o conjuntos de objetos por ejemplo basándose en datos de radiomarcadores. A este respecto, un conjunto de objetos son varios objetos que interactúan, como por ejemplo un jugador, que regatea con un balón o una carretilla elevadora y palés. En cualquier punto de apoyo del objeto pueden estar colocados radiomarcadores o sensores. Puede estar previsto un sistema RTLS de resolución suficientemente exacta, que determina la posición (por ejemplo en coordenadas x, y, z) de los radiomarcadores en tiempo real. Las posiciones de los radiomarcadores pueden venir dadas, por ejemplo, por datos de RTLS (*Real Time Location Systems*) precisos, en forma de posiciones x, y, z en el espacio y/o datos de aceleración, etc. De este modo puede posibilitarse con suficiente exactitud y tasa de actualización de las posiciones una reconstrucción virtual de objetos reales. El número de radiomarcadores en el objeto puede variarse hacia arriba a voluntad. La reconstrucción del movimiento puede tener lugar o bien en tiempo real y/o bien en el proceso de postproducción.

En una base de datos de movimiento digital puede encontrarse cualquier número de muestras de movimiento digitales. Para el objeto que debe registrarse puede estar almacenado cualquier y tantos tramos de movimiento digitales como se desee. Estos pueden comprender movimientos típicos en seres humanos, como por ejemplo correr, andar, saltar, etc. Los tramos de movimiento almacenados pueden presentar un número de imágenes individuales o fotogramas con los puntos de apoyo de los radiomarcadores y todo el objeto.

Los ejemplos de realización de la presente invención permiten una reconstrucción razonable o plausible del movimiento del objeto, incluso cuando los datos de radiomarcador registrados son incompletos o están disipados, y pueden utilizarse por ejemplo para la reconstrucción tridimensional virtual del movimiento, para aplicaciones de realidad virtual, aplicaciones de realidad aumentada, para el análisis de entrenamiento, para el análisis de juego o para medios audiovisuales. Igualmente es concebible una transmisión de datos de movimiento a terminales (móviles) y una reconstrucción del movimiento en el terminal. Algunos ejemplos de realización posibilitan también una reconstrucción de datos de movimiento en tiempo real con recursos de hardware reducidos.

Algunos ejemplos de realización de la presente invención se explicarán ahora a continuación más detalladamente haciendo referencia a las figuras adjuntas. Muestran:

la figura 1 un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para la reconstrucción de un movimiento de un objeto, según una forma de realización;

la figura 2 un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo para la reconstrucción de un movimiento de un objeto, según una forma de realización;

la figura 3 una representación esquemática para explicar el registro de una transición de movimiento real;

- la figura 4a una representación a modo de ejemplo de una cadena de Markov para modelar estados de movimiento;
- 5 la figura 4b una representación esquemática para explicar la selección de un segmento de patrón de movimiento digital correspondiente a la transición de movimiento registrada a partir de una base de datos de movimiento por medio de una retícula;
- la figura 5 una representación esquemática para explicar la reconstrucción de una imagen reproducida virtual del movimiento del objeto usando el segmento de patrón de movimiento digital seleccionado; y
- 10 la figura 6 un diagrama de bloques esquemático de un sistema para la reconstrucción de un movimiento de un objeto, según una forma de realización.

15 En la siguiente descripción a modo de ejemplo de algunos ejemplos de realización de la presente invención, los números de referencia iguales pueden referirse a elementos constructivos o componentes iguales, similares o funcionalmente iguales.

20 La figura 1 muestra en una representación esquemática un diagrama de flujo de un procedimiento 100 para la reconstrucción virtual de un movimiento real de un objeto, por ejemplo de un deportista, a partir de una secuencia de segmentos de patrón de movimiento digitales creados previamente de un modelo informático del objeto (por ejemplo del deportista) según un ejemplo de realización de la presente invención.

25 En el procedimiento de reconstrucción de movimiento 100, cada segmento de patrón de movimiento o cada tramo de patrón de movimiento corresponde a un intervalo o tramo de tiempo diferente de un movimiento. El objeto real, cuyo movimiento real debe reconstruirse, dispone de al menos un punto de apoyo de movimiento dotado de un marcador de posición. Según algunos ejemplos de realización, en el caso de los marcadores de posición puede tratarse de marcadores de posición por radio. El objeto puede tener uno o varios puntos de apoyo de movimiento. Los puntos de apoyo corresponden a lugares de sujeción de los marcadores de posición.

30 El procedimiento de reconstrucción de movimiento 100 comprende tras una etapa de inicio 101 una etapa 102 de registrar una transición de movimiento (real) entre un estado de movimiento inicial y un estado de movimiento final del objeto en un intervalo de tiempo del movimiento real basándose en datos de posición recibidos por el marcador de posición del al menos un punto de apoyo de movimiento. En el caso de marcadores de posición por radio, los datos de posición recibidos pueden estar más o menos disipados. Además, el procedimiento 100 comprende una

35 etapa de selección 104, en la que se selecciona al menos un segmento de patrón de movimiento digital correspondiente a la transición de movimiento real registrada o detectada a partir de una pluralidad de patrones de movimiento digitales depositados en una base de datos o una memoria del modelo informático, de tal manera que el segmento de patrón de movimiento digital seleccionado conduce con una probabilidad suficientemente alta partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final del intervalo de tiempo. En una etapa de

40 procedimiento adicional 106 se reconstruye una imagen representada virtual del movimiento real del objeto durante el intervalo de tiempo usando el estado de movimiento inicial y el segmento de patrón de movimiento digital seleccionado.

45 Según algunos ejemplos de realización, las etapas de procedimiento 102 a 106 significan una iteración actual o recurrencia de un procedimiento iterativo o recurrente para la reconstrucción del movimiento real del objeto (por ejemplo deportista). Esto significa que el estado de movimiento inicial para una iteración/recurrencia actual puede haberse reconstruido o estimado en una iteración/recurrencia anterior del procedimiento iterativo/recurrente, de modo que la imagen reproducida virtual reconstruida del movimiento real puede componerse a partir de una pluralidad de segmentos de patrón de movimiento digitales correspondientes a intervalos de tiempo o iteraciones/recurrencias seleccionados y sucesivos. Para una pluralidad de intervalos de tiempo sucesivos resultado de esto una reconstrucción de todo el movimiento real del objeto basándose en los segmentos de patrón de movimiento correspondientes en cada caso a los varios intervalos de tiempo. Si se ha reconstruido una evolución de movimiento real de interés por medio del procedimiento 100, entonces este puede terminar en una etapa final 108.

55 El procedimiento 100 explicado a modo de resumen mediante la figura 1 puede implementarse por medio de un dispositivo 200 para la reconstrucción de un movimiento real de un objeto a partir de una secuencia de segmentos de patrón de movimiento digitales de un modelo informático del objeto, que se describirá ahora más detalladamente a continuación haciendo referencia a la figura 2.

60 El dispositivo 200, que puede estar implementado por ejemplo como uno o varios procesadores, comprende un módulo de registro del movimiento 202, que está configurado para registrar o detectar una transición de movimiento (real) $(\Delta x[i], \Delta y[i], \Delta z[i])$ entre un estado de movimiento inicial $(x[i-1], y[i-1], z[i-1])$ y un estado de movimiento final $(x[i], y[i], z[i])$ del objeto en un intervalo de tiempo i del movimiento (real) basándose en datos de posición recibidos por el al menos un marcador de posición (y eventualmente disipados) (por ejemplo coordenadas x, y, z) del al menos

65 un punto de apoyo del objeto. Expresado en otras palabras, el módulo de registro del movimiento 202 sirve para la realización de la etapa de procedimiento 102 descrita anteriormente. El dispositivo 200 presenta además un módulo

de selección 204 acoplado con el módulo de registro del movimiento 202, que está adaptado para seleccionar al menos un segmento de patrón de movimiento digital correspondiente a la transición de movimiento detectada ($\Delta x[i]$, $\Delta y[i]$, $\Delta z[i]$) a partir de una pluralidad de patrones de movimiento de modelo informático digitales depositados en una base de datos 205, conduciendo el segmento de patrón de movimiento de modelo informático seleccionado con una probabilidad suficientemente alta partiendo del estado de movimiento inicial ($x[i-1]$, $y[i-1]$, $z[i-1]$) al estado de movimiento final ($x[i]$, $y[i]$, $z[i]$) del intervalo de tiempo considerado en este momento i . Expresado en otras palabras, el módulo de selección 204 sirve para la realización de la etapa de procedimiento 104 descrita anteriormente. Además, en el marco del dispositivo 200 está previsto además un módulo de reconstrucción 206 acoplado con el módulo de selección 204, que está configurado para reconstruir una imagen reproducida del movimiento del objeto para el intervalo de tiempo considerado i usando el estado de movimiento inicial ($x[i-1]$, $y[i-1]$, $z[i-1]$) y el segmento de patrón de movimiento digital seleccionado. Expresado en otras palabras, el módulo de reconstrucción 206 sirve para la realización de la etapa de procedimiento 106 descrita anteriormente. A este respecto, la imagen reproducida del movimiento real puede reconstruirse a partir de uno o una pluralidad de segmentos de patrón de movimiento digitales sucesivos de la base de datos 205 y por ejemplo reproducirse a través de un dispositivo de visualización adecuado.

Mediante la figura 3 se ilustrará ahora cómo puede ejecutarse el registro de la transición de movimiento real o del movimiento real con ayuda de los marcadores de posición que se encuentran en el objeto.

La figura 3 muestra un objeto 302 en forma de una persona esquematizada. En diferentes puntos de apoyo de movimiento del objeto 302 se encuentran marcadores de posición 304, que sirven para determinar las posiciones espaciales de los diferentes puntos de apoyo de movimiento. En el caso de los marcadores de posición 304 puede tratarse, según un ejemplo de realización, en particular de marcadores de posición por radio, que emiten señales de radio de localización 306, que pueden recibirse por al menos una o también varias antenas receptoras 308. A este respecto, las señales de localización 306 pueden presentar, según algunos ejemplos de realización, directamente coordenadas geográficas de los radiomarcadores individuales 304. En otras formas de realización, las posiciones geográficas individuales de los radiomarcadores 304 también pueden determinarse por medio de otros procedimientos, como por ejemplo triangulación mediante medición del tiempo de funcionamiento o similar. A este respecto, los datos de posición pueden determinarse basándose en fotografías, es decir por imagen individual (aproximadamente 1/24 segundos) del movimiento registrado. Para ello, por ejemplo un receptor 310 basado en mediciones angulares y/o del tiempo de funcionamiento puede registrar los datos de telemetría necesarios para el cálculo de la posición de un radiomarcador 304, como por ejemplo coordenadas x , y , z , datos de velocidad, datos de aceleración, etc., y ponerlos a disposición del módulo de registro 202 por cada fotografía. Por tanto, en ejemplos de realización el al menos un marcador de posición 304 en el objeto 302 puede estar acoplado con un emisor de radio, que transmite señales 306, a partir de las que pueden derivarse datos de posición del radiomarcador 304, a través de una interfaz de radio al dispositivo de evaluación 310, que a su vez puede estar acoplado con el dispositivo de reconstrucción 200, para realizar el procedimiento de reconstrucción 100. A este respecto, los marcadores de posición 304 pueden formar parte de un sistema de localización en tiempo real, de modo que puedan determinarse y reconstruirse en tiempo real las posiciones de marcador y/o el movimiento real del objeto.

Volviendo a la figura 2, en la unidad de almacenamiento electrónico o base de datos 205 pueden estar almacenados patrones de movimiento de modelo informático digitales o sus segmentos de patrón de movimiento creados previamente, que pueden representarse mediante fotografías individuales. A este respecto, un fotograma corresponde a una imagen individual creada previamente de un patrón de movimiento de modelo informático. Un patrón de movimiento de modelo informático, que representa virtualmente una evolución de movimiento registrada previamente de interés, consiste según algunos ejemplos de realización en no menos de dos fotografías. Por tanto, un segmento de patrón de movimiento de modelo informático, que puede representar a su vez una parte de un patrón de movimiento de modelo informático, comprende al menos un fotograma. De esto resulta que un segmento de patrón de movimiento de modelo informático también puede formar parte perfectamente de dos evoluciones de movimiento total o patrones de movimiento de modelo informático digitales diferentes. Esto se debe al hecho de que movimientos más complejos están constituidos en la mayoría de los casos por varios segmentos de movimiento, pudiendo ser iguales o parecerse los segmentos de movimiento individuales de diferentes movimientos complejos.

Los patrones de movimiento de modelo informático depositados en la base de datos 205, que se componen de los segmentos de patrón de movimiento de modelo informático o fotografías, pueden estar depositados según algunos ejemplos de realización como patrones de movimiento digitales normalizados. De este modo, los objetos o sus modelos informáticos pueden normalizarse, por ejemplo, a un tamaño unitario, para posibilitar una mejor comparación con movimientos reales registrados o detectados. Los puntos o posiciones, en los que se portaron marcadores de posición durante la creación de los patrones de movimiento de modelo informático, se conocen y pueden corresponder esencialmente a aquellas posiciones en el objeto, en las que se portan después los marcadores de posición para registrar el movimiento real que debe reconstruirse. Por consiguiente, para seleccionar 104 un segmento de patrón de movimiento de modelo informático mediante el módulo 204 puede aplicarse a los datos de posición recibidos por los marcadores de posición que se encuentran en el objeto un factor de escalamiento correspondiente a un tamaño del objeto, para obtener un movimiento normalizado del objeto y poder compararlo con los patrones de movimiento normalizados almacenados en la base de datos 205. Es decir, los patrones de movimiento almacenados en la base de datos de movimiento 205 pueden normalizarse o estar

normalizados. Los datos de radiomarcador o de posición entrantes en la etapa 102 pueden normalizarse igualmente antes de la comparación y la selección 104. Sin embargo, a este respecto, el factor de escalamiento puede guardarse para la reconstrucción a continuación 106. Después de que conste un acontecimiento, el patrón de movimiento de modelo informático correspondiente puede compararse a través del factor de escalamiento con el objeto real. Con ello, pueden depositarse objetos de diferente tamaño de manera razonable y ahorrando espacio.

La base de datos 205 puede contener patrones de movimiento típicos de personas/objetos/grupos de objetos, que pueden identificarse o reproducirse por medio de sus puntos de apoyo de movimiento. A este respecto no son necesarios filtros de artefactos o similares, dado que los movimientos consultados en la base de datos 205 representan preferiblemente una forma de movimiento homogénea. Segmentos de patrón de movimiento o fotogramas individuales pueden denominarse estados de movimiento y dotarse en la base de datos 205 de bordes o transiciones de estado imaginarios. Segmentos de patrón de movimiento o fotogramas individuales que se asemejan enormemente pueden agruparse eventualmente, de modo que un fotograma digital o segmento de patrón de movimiento digital puede formar al mismo tiempo parte de dos movimientos o patrones de movimiento de modelo informático diferentes.

El módulo de selección 204, que también puede denominarse unidad de coincidencia, puede estar configurado para conducir posibles estados de movimiento y sus probabilidades, a encontrarse en un determinado movimiento o un fotograma. Según algunos ejemplos de realización de la presente invención, los diferentes estados de movimiento en el sentido de una cadena de Markov pueden estar relacionados entre sí. Es decir, un estado de movimiento actual y al menos un estado de movimiento pasado del objeto pueden formar una secuencia de un modelo de Markov.

Para ello, la figura 4a muestra únicamente a modo de ejemplo una cadena de Markov 400 con cuatro estados (de movimiento) "00", "01", "10", "11" y relaciones completas o bordes entre los estados. A este respecto, los bordes describen transiciones de estado, estando vinculada una transición de estado con una probabilidad de transición p . Según el modelo de Markov representado a modo de ejemplo de la figura 4a, una probabilidad de transición para una transición de estado del estado "00" al estado "01" está designada con " p_{01} ". A la inversa, " p_{10} " designa una probabilidad de transición del estado "01" al estado "00". Lo correspondiente es aplicable para los demás estados representados. En la cadena de Markov 400 mostrada en la figura 4a, un primer estado puede pasar a cualquier otro segundo estado, lo que queda claro mediante las transiciones de estado representadas (flechas). Naturalmente también son posibles otras cadenas de Markov, en las que pueden estar excluidas determinadas transiciones de estado. Este será el caso en particular, en una cadena de Markov, que describe posibles estados de movimiento reales y sus transiciones. Como ya se ha explicado anteriormente, debido a limitaciones anatómicas o físicas no es posible cualquier estado posterior partiendo de un estado inicial de movimiento. Por tanto, debe destacarse que el modelo de estados simplificado mostrado en la figura 4a sirve únicamente para la ilustración y no corresponde a verdaderos modelos de estados de movimiento, en particular para movimientos complejos. En implementaciones prácticas, un número de posibles estados de movimiento puede presentar un valor de más de 1.000, más de 10.000, más de 100.000 y en algunos casos de aplicación incluso más de 1 millón.

Dado que según algunos ejemplos de realización todos los posibles estados de movimiento en el sentido de una cadena de Markov pueden estar relacionados entre sí, pueden calcularse iterativamente probabilidades de residencia para estados de movimiento en el momento discreto i basándose en las probabilidades de estado en el momento $i-1$ y basándose en valores de medición de sensor actuales. Es decir, las etapas de procedimiento 102 a 106 descritas anteriormente pueden formar una iteración actual de un procedimiento iterativo para la reconstrucción del movimiento real, habiéndose reconstruido o determinado el estado de movimiento inicial para la iteración actual i en una iteración anterior $i-1$ del procedimiento iterativo, de modo que la imagen reproducida reconstruida del movimiento se compone a partir de una pluralidad de segmentos de patrón de movimiento correspondientes a intervalos de tiempo o iteraciones seleccionados y sucesivos. Por tanto, puede ser que un movimiento complejo reconstruido se componga de dos o más patrones de movimiento parciales digitales almacenados en la base de datos 205, por ejemplo debido a fotogramas que se solapan y valores de medición de sensor que encajan. Por tanto, no es necesario registrar previamente cada movimiento complejo o compuesto y depositarlo en la base de datos 205, dado que pueden generarse nuevos movimientos compuestos a partir de "submovimientos" o secuencias de fotogramas.

Un factor adicional es el número de emisores o marcadores de posición presentes en el registro de movimiento inicial (preproducción) y el número de marcadores de posición en una escena de movimiento que debe reconstruirse actualmente. Aunque puede ser ventajoso que tanto un número como una posición de los marcadores de posición en el registro de movimiento inicial y la escena que debe reconstruirse actualmente sean iguales, esto no es obligatoriamente necesario. Por ejemplo, puede darse el caso de que actualmente no puedan seguirse o hacerse el seguimiento de suficientes emisores o marcadores de posición en paralelo. Por tanto, según algunos ejemplos de realización es posible seguir únicamente una permutación, es decir una cantidad parcial, de los emisores contenidos en los registros de movimiento digitales originales y almacenados y sus posiciones. Las probabilidades, que se determinan en la etapa 104 para los posibles estados de movimiento, pueden considerar entonces todas las permutaciones posibles y, como es habitual, seleccionar en la medida de lo posible la distribución y el estado de movimiento más probables. Eventualmente, esto puede conducir a una distorsión del resultado de reconstrucción. A

este respecto, “distorsión” quiere decir que el resultado de reconstrucción no es correcto o no corresponde al verdadero movimiento del objeto. Sin embargo, con el concepto según la invención no son posibles distorsiones reales, dado que los posibles movimientos de bordes en el gráfico de estados no permiten ningún movimiento imposible o irreal. Por tanto, solo puede representarse siempre la siguiente secuencia de fotogramas digitales más probable, de modo que una imagen de movimiento reconstruida nunca puede aparecer como reconstrucción “zombi”.

Es decir, el módulo de selección o la unidad de coincidencia 204 puede mantener posibles estados de movimiento (fotogramas) con sus probabilidades en cada momento i . Estos estados de movimiento pueden estar relacionados por medio de bordes, que presentan a su vez probabilidades (probabilidades de transición). Estas probabilidades de transición pueden determinarse tras el registro de los datos (patrón de movimiento de modelo informático), pero antes de la reconstrucción del movimiento, por ejemplo mediante la determinación de frecuencias de transición o similar. Además, es posible una actualización continua de las probabilidades de transición debido a transiciones de movimiento determinadas y realizadas realmente. A partir de un gráfico de estados (red), como por ejemplo la cadena de Markov 400, pueden crearse varias resoluciones diferentes, agrupando a partir de un gráfico de estados completo (por ejemplo 100 movimientos por 1000 fotogramas = aproximadamente 100.000 estados de movimiento) fotogramas o estados de movimiento sucesivos con variaciones o desviaciones reducidas entre las posiciones de marcador. De este modo puede reducirse el espacio de estado y con ello también un esfuerzo para el cálculo de las probabilidades de residencia (que es el cuadrado con respecto al número de estados de movimiento).

Para calcular las probabilidades de estado de movimiento, puede empezarse en primer lugar con el modelo de estados más pequeño (es decir pocos estados), para obtener en el mismo de manera relativamente rápida el estado de movimiento más probable. Si después sobra todavía tiempo de cálculo, entonces puede cambiarse por ejemplo a la resolución de estados más profunda siguiente (es decir más estados), y determinar en la misma probabilidades de estado de movimiento adicionales, para obtener un mayor grado de detalle para la reconstrucción del movimiento. Según algunos ejemplos, que no pertenecen a la invención, puede seleccionarse un segmento de patrón de movimiento digital para un intervalo de tiempo i es decir en primer lugar basándose en un subconjunto de una cantidad de posibles estados de movimiento, estando adaptado el subconjunto, para poder reconstruir la imagen reproducida del movimiento al menos aproximadamente, y pudiendo reconstruirse de manera más fina tras una reconstrucción aproximada la imagen reproducida del movimiento basándose en estados adicionales de la cantidad que se encuentra fuera del subconjunto.

Para seleccionar el segmento de patrón de movimiento digital que corresponde mejor a la transición de movimiento real registrada en el intervalo de tiempo i pueden compararse las transiciones de movimiento registradas (hasta el momento) iterativamente con los patrones de movimiento digitales depositados en la base de datos 205 del modelo informático, de tal manera que se determina una hipótesis para un estado de movimiento actual del objeto basándose en al menos un estado de movimiento pasado del objeto y una probabilidad de transición actual, que corresponde a una posible transición de movimiento entre al menos dos estados de movimiento discretos sucesivos temporalmente del objeto. Esto se explicará a continuación más detalladamente mediante la figura 4b.

La figura 4b muestra un diagrama de retícula 450 correspondiente al modelo de estado a modo de ejemplo 400. A este respecto, el diagrama de retícula 450 corresponde a la representación del diagrama de transición de estados 400, que se recoge por el eje de tiempo. Únicamente a modo de ejemplo, en este caso se representan estados “00”, “01”, “10”, “11” y posibles transiciones de estado en los momentos $i-2$, $i-1$, i e $i+1$. A las transiciones de un estado al siguiente están asociados diferentes valores de probabilidad (probabilidades de transición) p , con lo que en consecuencia a través de varios estados se forma en la mayoría de los casos inequívocamente una única trayectoria 452 en la retícula que, basándose en los datos de transición de movimiento, presenta la máxima probabilidad sumatoria con respecto a todas las demás trayectorias. Las transiciones de movimiento asociadas a esta trayectoria de estado 452 se consideran entonces por parte de un decodificador de movimiento como las transiciones de movimiento más probables. Es decir, de manera similar a en el algoritmo de Viterbi conocido, puede avanzarse sucesivamente por diferentes estados de movimiento, para determinar la secuencia de movimientos más probable actualmente. Esto puede designarse “coincidencia adaptativa”.

En algunos ejemplos de realización pueden tenerse en cuenta en la búsqueda 104 de segmentos de patrón de movimiento o transiciones de estado de movimiento que encajen en primer lugar solo aquellos segmentos de patrón de movimiento de modelo informático, que aparezcan según el modelo de Markov con las probabilidades (de transición) máximas, es decir, sus probabilidades se encuentren por ejemplo por encima de un valor umbral predeterminado. Por ejemplo, puede buscarse un segmento de patrón de movimiento de modelo informático que encaje en primer lugar en los 100 segmentos de patrón de movimiento de modelo informático más probables, después en los siguientes 100 a 1000 segmentos de patrón de movimiento de modelo informático más probables, etc. Mediante una forma de realización de este tipo puede acelerarse considerablemente una locación de un segmento de patrón de movimiento que encaje.

Según algunos ejemplos de realización, las probabilidades de transición encontradas en las transiciones de estado pueden depositarse y usarse para mejorar la reconstrucción de evolución de movimiento. Esto también puede tener lugar en línea y las probabilidades de transición de estado pueden adaptarse en directo. En otras palabras, al

seleccionar los segmentos de patrón de movimiento correspondientes a las transiciones de movimiento reales puede tener lugar una adaptación dinámica de las probabilidades de transición mediante transiciones de estado de movimiento encontradas realmente durante el tiempo de funcionamiento. Esto significa que por ejemplo un modelo de Markov inicial todavía sin madurar, que describe posibles estados y transiciones de movimiento, puede adaptarse constantemente a movimientos observados realmente y con ello mejorarse. A los estados de movimiento o transiciones de movimiento que aparecen con menor frecuencia de un objeto se le puede asociar adaptativamente una menor probabilidad que a los estados de movimiento o transiciones de movimiento que aparecen con mayor frecuencia. Por consiguiente, un modelo de movimiento (por ejemplo un modelo de Markov) puede adaptarse durante el tiempo de funcionamiento de manera continua a un determinado objeto. Por consiguiente, el sistema casi adquiere capacidad de aprendizaje.

El módulo de selección 204 o la unidad de coincidencia puede considerarse como componente de tiempo crítico. La reconstrucción 106 del verdadero movimiento pueden realizarse en un tiempo constante $[O(1)]$, y por tanto apenas tiene una influencia negativa sobre una capacidad en tiempo real del procedimiento 100. Para poder mantener los denominados tiempo de ejecución de peor caso (WECT, *Worst Case Execution Times*), el procedimiento 100 puede según algunos ejemplos de realización devolver en cada momento concebible el mejor resultado posible hasta el momento. Si estuviese disponible aún más tiempo para cálculos, puede mejorarse el resultado iterativamente. Es decir, al seleccionar 104 el segmento de patrón de movimiento digital puede seleccionarse tras una duración de tiempo predeterminada tras el registro 102 de la transición de movimiento real un segmento de patrón de movimiento digital, que tras esta duración de tiempo conduce con la mayor probabilidad partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo. Por ejemplo, hasta un primer momento tras una recepción de los datos de posición puede seleccionarse el segmento de patrón de movimiento digital de la pluralidad de los patrones de movimiento digitales depositados, que corresponde en este primer momento a la mayor probabilidad del movimiento real registrado del objeto, y buscándose tras el primer momento hasta un segundo momento además un segmento de patrón de movimiento que encaja mejor durante el intervalo de tiempo. Por consiguiente, pueden mantenerse barreras de tiempo, y dibujarse la imagen reconstruida (por ejemplo con un fotograma de retardo). Un procedimiento de este tipo puede denominarse "coincidencia progresiva", pudiendo indicarse rápidamente una imagen de "mala" calidad y dibujarse poco a poco de manera más precisa. A este respecto, mala calidad quiere decir encontrar un fotograma o segmento de patrón de movimiento que no encaja al 100% del modelo informático.

Según ejemplos de realización pueden sucederse diferentes animaciones de la base de datos de movimiento 205 con ayuda de datos de radiomarcador o de posición registrados de los puntos de apoyo. A este respecto, los datos de radiomarcador sirven como parámetros de entrada continuos o periódicos y tiene lugar una comparación con los datos de movimiento digitales depositados, para seleccionar un patrón de movimiento de modelo informático que encaje con la menor desviación en el plazo de un intervalo de tiempo predeterminado (por ejemplo 1/24 segundos). Una posibilidad para esto es almacenar los patrones de movimiento de modelo informático en diferentes clasificaciones de calidad y hacer entonces una búsqueda progresiva, empezando con la menor calidad. La ventaja es una reacción en el plazo del intervalo de tiempo predeterminado, para poder reconstruir de manera fluida el movimiento. Las muestras de patrón de movimiento de modelo informático de menor calidad pueden contener menos fotogramas, para limitar la cantidad de datos en la que debe buscarse. Si en el plazo del intervalo de tiempo predeterminado tras la selección de un patrón de movimiento hay todavía más tiempo, puede realizarse una búsqueda en la siguiente clasificación de calidad más alta.

Como configuraciones ventajosas adicionales puede o bien haber transiciones de estado entre los modelos de movimiento a priori o bien crearse durante la reconstrucción en tiempo real. A este respecto, se produce un gráfico de dependencia, que representa los patrones de movimiento como nodos y las transiciones como bordes con un peso de borde (por ejemplo número de las transiciones reconocidas o probabilidad de la transición). De este modo puede buscarse en primer lugar en las transiciones más probables y posteriormente en las transiciones menos probables. Con ello puede encontrarse una primera solución incluso en fragmentos de tiempo muy limitados, que entonces pueden afinarse en el caso de haber tiempo adicional.

En algunos ejemplos de realización puede procesarse en primer lugar adicional o alternativamente información de movimiento fundamental, por ejemplo en cuanto a la secuencia temporal del procesamiento en un ordenador. Resoluciones de movimiento con un grado de detalle creciente y un contenido de información decreciente pueden calcularse por ejemplo posteriormente o dado el caso omitirse, en el caso de que ya no esté disponible más tiempo de cálculo. Una posible "secuencia de clasificación" adicional puede ser el tamaño del objeto en una pantalla. Para objetos pequeños no tiene que determinarse el estado de movimiento correcto al 100%, es suficiente cuando el movimiento coincide aproximadamente, dado que esto apenas se percibe por el observador. Es decir, a un objeto más grande se le puede asignar al seleccionar un segmento de patrón de movimiento que encaje una prioridad mayor que a un objeto en comparación menor. A este respecto, pueden reconstruirse antes en el tiempo objetos con una prioridad mayor que objetos con una prioridad menor. Adicional o alternativamente, a diferentes puntos de apoyo del objeto real también se les pueden asignar diferentes prioridades. A este respecto, pueden evaluarse antes en el tiempo datos de posición de puntos de apoyo con una prioridad mayor que datos de posición de puntos de apoyo con una prioridad menor. Una posibilidad adicional radica en una frecuencia de muestreo (tasa de muestreo) temporal diferente de los patrones de movimiento depositados. Cada patrón de movimiento puede encontrarse en la

base de datos en diferentes frecuencias de muestreo (por ejemplo 1 Hz, 10 Hz, 20 Hz, ...). En la búsqueda de un segmento de patrón de movimiento que corresponda a la transición de movimiento real se busca en primer lugar en las versiones de los patrones de movimiento con las menores tasas de muestreo y después lo de mayor muestreo en cada caso (por ejemplo con 1 Hz, después 10 Hz, etc.). Después puede tener lugar una comparación de etapas intermedias (transiciones de movimiento) con una resolución más fina, es decir patrones de movimiento con frecuencias de muestreo temporalmente mayores en comparación.

Si el módulo de selección 204 o la unidad de coincidencia ha identificado un movimiento o un segmento de patrón de movimiento que encaja o un fotograma que encaja a partir de la base de datos 205, el fotograma o el segmento de patrón de movimiento puede extraerse de la base de datos y reproducirse en un dispositivo de visualización. Esto se representa esquemáticamente en la figura 5.

La figura 5 muestra únicamente a modo de ejemplo cuatro transiciones de movimiento sucesivas en el tiempo 502-1, 502-2, 502-3 y 504-4 de un objeto (en este caso: brazo de un boxeador), que corresponden a intervalos de tiempo sucesivos $[i-2]$, $[i-1]$, $[i]$ y $[i+1]$. Para las transiciones de movimiento 502 representadas se seleccionan a través del procedimiento descrito en el presente documento de la base de datos 205 segmentos de patrón de movimiento de modelo informático que encajen lo máximo posible, para reconstruir o sintetizar el movimiento total que resulta de las transiciones de movimiento detectadas 502 por medio de los patrones de movimiento de modelo informático almacenados en la base de datos 205 y a continuación reproducirse en un dispositivo de emisión o de visualización 504.

En el caso de transiciones de movimiento normalizadas puede extraerse en particular un segmento de patrón de movimiento de modelo informático normalizado que encaje de la base de datos 205 y reproducirse con un factor de escalamiento y un centro de gravedad corporal extraído previamente a un tamaño y posición objetivo. Según algunos ejemplos de realización, un segmento de patrón de movimiento depositado en la base de datos 205 puede estar por tanto normalizado (a un tamaño unitario) y para reconstruir la imagen reproducida aplicarse un factor de escalamiento correspondiente a un tamaño del objeto, para reconstruir un desarrollo de movimiento desnormalizado del objeto con el al menos un punto de apoyo. A este respecto, puede conocerse una orientación o dirección de visión del objeto del patrón de movimiento, del que se extrajo el fotograma o el segmento de patrón de movimiento.

Resumiendo, ejemplos de realización se refieren a un concepto, que comprende un procedimiento, un dispositivo y un programa informático, para la reconstrucción del movimiento (preferiblemente en tiempo real) de objetos móviles y de múltiples elementos (por ejemplo seres humanos, animales, constructos mecánicos) o conjuntos de objetos basándose en datos de marcadores de posición.

Como se muestra en la figura 6, para ello pueden colocarse en cualquier punto de apoyo de movimiento de un objeto 302 marcadores de posición por radio 304. Puede estar previsto un sistema RTLS de resolución suficientemente exacta, que determina las posiciones de los radiomarcadores 304 preferiblemente en tiempo real por ejemplo en x, y, z. Los radiomarcadores 304 vienen dados por ejemplo por datos de RTLS (*Real Time Location Systems*) precisos, en forma de posiciones x, y, z en el espacio y/o datos de aceleración, etc. En una denominada base de datos de movimiento 205 se encuentra un número cualquier de muestras de movimiento de modelo informático. Están almacenados cualesquiera y un número cualquiera de tramos de movimiento de modelo informático para el objeto 302. Esto puede comprender en el caso de seres humanos movimientos típicos, por ejemplo correr, andar, saltar, etc. Los tramos de movimiento de modelo informático pueden contener un número de fotogramas con los puntos de apoyo de los radiomarcadores y el objeto total. De este modo es posible mediante un dispositivo 200 para la reconstrucción del movimiento del objeto 302 a partir de una secuencia de muestras de movimiento de modelo informático almacenadas del objeto una reconstrucción razonable o plausible del movimiento del objeto, también cuando los datos de radiomarcadores están incompletos o disipados. El movimiento reconstruido de este modo puede presentarse visualmente a través del dispositivo de emisión o de visualización 504. Mediante ejemplos de realización puede posibilitarse con una exactitud y tasa de actualización suficiente de las posiciones de radiomarcador una reconstrucción de movimientos reales por medio de objetos virtuales. El número de radiomarcadores 304 puede variarse hacia arriba a voluntad (al menos uno, en el caso ideal en el centro de gravedad del cuerpo). La reconstrucción puede tener lugar o bien en tiempo real y/o bien en el proceso de postproducción.

Las características dadas a conocer en la descripción anterior, las reivindicaciones posteriores y en los dibujos pueden ser importantes tanto individualmente como en cualquier combinación para la implementación de la invención en sus diferentes configuraciones.

Aunque algunos aspectos de la presente invención se han descrito en relación con un dispositivo de reconstrucción de movimientos, se entiende que estos aspectos también representan una descripción de un procedimiento de reconstrucción de movimientos correspondiente, de modo que un bloque o un elemento constructivo de un dispositivo de reconstrucción de movimientos también debe entenderse como etapa de procedimiento correspondiente o como características de una etapa de procedimiento. De manera análoga a ello, aspectos que se describieron en relación con una o como una etapa de procedimiento también representan una descripción de un bloque o detalle o característica correspondiente de un dispositivo correspondiente.

Según determinados requisitos de implementación, los ejemplos de realización de la invención pueden estar implementados en hardware o en software. La implementación puede realizarse usando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disquete, un DVD, un disco de Blu-ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, un disco duro u otra memoria magnética u óptica, en la que están almacenadas señales de control legibles electrónicamente, que pueden interaccionar o interaccionan con un componente de hardware programable, de tal manera que se realiza el respectivo procedimiento.

Un componente de hardware programable puede estar formado por un aparato de control, un procesador, un procesador informático (CPU = unidad de procesamiento central), un ordenador, un sistema informático, un circuito integrado específico de una aplicación (ASIC = *Application-specific Integrated Circuit*), un circuito integrado (IC = *Integrated Circuit*), un sistema de un chip (SOC = *System on Chip*), un elemento lógico programable o una matriz de compuertas programables en campo con un microprocesador (FPGA = *Field Programmable Gate Array*).

Por tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por máquina o por ordenador. Es decir, algunos ejemplos de realización comprenden un soporte de datos, que presenta señales de control legibles electrónicamente, que pueden interaccionar con un sistema informático programable o un componente de hardware programable, de tal manera que se realiza uno de los procedimientos descritos en el presente documento. Por consiguiente, un ejemplo de realización es un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital o un medio legible por ordenador), en el que está registrado el programa para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

En general, los ejemplos de realización de la presente invención pueden estar implementados como programa, firmware, programa informático o producto de programa informático con un código de programa o como datos, siendo el código de programa o los datos eficaz o eficaces en el sentido de realizar uno de los procedimientos, cuando el programa se ejecuta en un procesador o un componente de hardware programable. El código de programa o los datos puede o pueden estar almacenados por ejemplo también en un soporte o soporte de datos legible por máquina. El código de programa o los datos pueden encontrarse, entre otros, como código fuente, código máquina o bytecode así como como otro código intermedio.

Un programa según un ejemplo de realización puede poner en práctica uno de los procedimientos durante su realización, por ejemplo, porque este lee puntos de almacenamiento o escribe en los mismos una fecha o varias fechas, con lo que se provocan dado el caso operaciones de conmutación u otras operaciones en estructuras de transistor, en estructuras de refuerzo o en otros elementos constructivos que trabajo eléctrica, óptica, magnéticamente o según otro principio de funcionamiento. De manera correspondiente, mediante una lectura de un punto de almacenamiento pueden registrarse, determinarse o medirse datos, valores, valores de sensor u otra información por parte de un programa. Por tanto, un programa puede registrar, determinar o medir tamaños, valores, magnitudes de medición y otra información mediante una lectura de uno o varios puntos de almacenamiento, así como provocar, desencadenar o realizar una acción mediante una escritura en uno o varios puntos de almacenamiento, así como activar otros aparatos, máquinas y componentes.

Los ejemplos de realización descritos anteriormente representan únicamente una ilustración de los principios de la presente invención. Se entiende que a los expertos en la técnica se les ocurrirán modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento. Por tanto, se pretende que la invención esté limitada únicamente por el alcance de protección de las reivindicaciones a continuación y no por los detalles específicos, que se presentaron mediante la descripción y la explicación de los ejemplos de realización.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento (100) para la reconstrucción de un movimiento de un objeto (302) a partir de una secuencia de segmentos de patrón de movimiento de un modelo informático tridimensional del objeto, correspondiendo cada segmento de patrón de movimiento a un intervalo de tiempo diferente del movimiento y presentando al menos una imagen individual correspondiente al intervalo de tiempo de un patrón de movimiento del modelo informático tridimensional, y presentando el objeto (302) al menos un punto de soporte acoplado con un radiomarcador (304), con las siguientes etapas:
- 5 a) registrar (102) una transición de movimiento entre un estado de movimiento inicial y un estado de movimiento final del objeto (302) en un intervalo de tiempo del movimiento basándose en datos de posición recibidos por el radiomarcador (304) del al menos un punto de apoyo;
- 10 b) seleccionar (104) al menos un segmento de patrón de movimiento digital correspondiente a la transición de movimiento a partir de una pluralidad de patrones de movimiento digitales depositados en una base de datos (205) del modelo informático tridimensional, de tal manera que el segmento de patrón de movimiento digital seleccionado para el modelo informático tridimensional conduce con una probabilidad suficiente partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo, siendo los patrones de movimiento depositados en la base de datos (205) patrones de movimiento tridimensionales predefinidos del modelo informático tridimensional, que corresponden a posibles movimientos reales del objeto,
- 15 comparándose al seleccionar (104) las transiciones de movimiento registradas del objeto (302) iterativamente con los patrones de movimiento digitales depositados del modelo informático tridimensional, de tal manera que una hipótesis para un estado de movimiento actual del objeto (302) se determina basándose en al menos un estado de movimiento pasado del objeto (302) y una probabilidad de transición actual, que corresponde a una posible transición de movimiento entre al menos dos estados de movimiento diferenciados sucesivos temporalmente del objeto (302), formando el estado de movimiento actual y el al menos un estado de movimiento pasado del objeto (302) una secuencia de un modelo de Markov (400),
- 20 determinándose mediante la selección (104) del al menos un segmento de patrón de movimiento la secuencia más probable de estados de movimiento en un modelo de Markov predeterminado (400) y una secuencia registrada de transiciones de movimiento, para reconstruir el movimiento del objeto (302); y
- 25 c) reconstruir (106) una imagen reproducida del movimiento del objeto durante el intervalo de tiempo en una pantalla por medio del modelo informático tridimensional usando el estado de movimiento inicial y el segmento de patrón de movimiento seleccionado del modelo informático tridimensional.
- 30 2.- Procedimiento (100) según la reivindicación 1, formando las etapas de procedimiento a) a c) una iteración actual de un procedimiento iterativo para la reconstrucción del movimiento, y habiéndose reconstruido el estado de movimiento inicial para la iteración actual en una iteración anterior del procedimiento iterativo (100), de modo que la imagen reproducida reconstruida del movimiento se compone a partir de una pluralidad de segmentos de patrón de movimiento digitales correspondientes a intervalos de tiempo o iteraciones seleccionados y sucesivos.
- 35 3.- Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al seleccionar (104) el segmento de patrón de movimiento digital tras una duración de tiempo predeterminada tras registrar (102) la transición de movimiento se selecciona un segmento de patrón de movimiento digital, que tras esta duración de tiempo conduce con la mayor probabilidad partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo.
- 40 4.- Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los patrones de movimiento digitales depositados en la base de datos (205) están normalizados, y en el que para seleccionar el segmento de patrón de movimiento digital se aplica a los datos de posición recibidos por el radiomarcador (304) un factor de escalamiento correspondiente a un tamaño del objeto, para obtener un movimiento normalizado del objeto (302).
- 45 5.- Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segmento de patrón de movimiento está normalizado y para reconstruir (106) la imagen reproducida se le aplica un factor de escalamiento correspondiente a un tamaño del objeto, para reconstruir un desarrollo de movimiento desnormalizado del objeto (302) con el al menos un punto de apoyo.
- 50 6.- Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones anteriores, seleccionándose hasta un primer momento tras una recepción de los datos de posición el segmento de patrón de movimiento digital de la pluralidad de los patrones de movimiento digitales depositados, que corresponde a este primer momento con la mayor probabilidad del movimiento registrado del objeto (302), y buscándose adicionalmente tras el primer momento hasta un segundo momento un segmento de patrón de movimiento digital que encaja mejor durante el intervalo de tiempo.
- 55 60 65

- 7.- Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones anteriores, asignándose a diferentes puntos de apoyo del objeto (302) diferentes prioridades y evaluándose temporalmente antes datos de posición de puntos de apoyo con una prioridad mayor que datos de posición de puntos de apoyo con una prioridad menor.
- 5 8.- Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones anteriores, asignándose a un objeto mayor (302) una prioridad mayor que a un objeto en comparación menor (302) y evaluándose temporalmente antes datos de posición de objetos de prioridad mayor que datos de posición de objetos de prioridad menor.
- 10 9.- Dispositivo (200) para la reconstrucción de un movimiento de un objeto (302) a partir de una secuencia de segmentos de patrón de movimiento de un modelo informático tridimensional del objeto, correspondiendo cada segmento de patrón de movimiento a un intervalo de tiempo diferente del movimiento y presentando al menos una imagen individual correspondiente al intervalo de tiempo de un patrón de movimiento del modelo informático tridimensional, y presentando el objeto al menos un punto de soporte acoplado con un radiomarcador (304), con las siguientes características:
- 15 una base de datos (205) para almacenar una pluralidad de patrones de movimiento digitales del modelo informático tridimensional, siendo los patrones de movimiento almacenados en la base de datos (205) patrones de movimiento tridimensionales predefinidos del modelo informático tridimensional, que corresponden a posibles movimientos reales del objeto;
- 20 un módulo (202) para registrar una transición de movimiento entre un estado de movimiento inicial y un estado de movimiento final del objeto (302) en un intervalo de tiempo del movimiento basándose en datos de posición recibidos por el radiomarcador (304) del al menos un punto de apoyo;
- 25 un módulo (204) para seleccionar al menos un segmento de patrón de movimiento digital correspondiente a la transición de movimiento de la pluralidad de patrones de movimiento digitales almacenados en la base de datos (205) del modelo informático tridimensional, conduciendo el segmento de patrón de movimiento digital seleccionado para el modelo informático tridimensional con una probabilidad suficiente partiendo del estado de movimiento inicial al estado de movimiento final durante el intervalo de tiempo,
- 30 estando configurado el módulo (204) para la selección, para al seleccionar (104) comparar las transiciones de movimiento registradas del objeto (302) iterativamente con los patrones de movimiento digitales almacenados en la base de datos (205) del modelo informático tridimensional, de tal manera que se determina una hipótesis para un estado de movimiento actual del objeto (302) basándose en al menos un estado de movimiento pasado del objeto (302) y una probabilidad de transición actual, que corresponde a una posible transición de movimiento entre al menos dos estados de movimiento diferenciados sucesivos temporalmente del objeto (302), formando el estado de movimiento actual y el al menos un estado de movimiento pasado del objeto (302) una secuencia de un modelo de Markov (400),
- 35 estando configurado el módulo (204) para la selección, para mediante la selección (104) del al menos un segmento de patrón de movimiento determinar la secuencia más probable de estados de movimiento en un modelo de Markov predeterminado (400) y una secuencia registrada de transiciones de movimiento, para reconstruir el movimiento del objeto (302); y
- 40 un módulo (206) con una pantalla para reconstruir una imagen reproducida del movimiento del objeto (302) durante el intervalo de tiempo en la pantalla por medio del modelo informático tridimensional usando el estado de movimiento inicial y el segmento de patrón de movimiento seleccionado del modelo informático tridimensional.
- 45

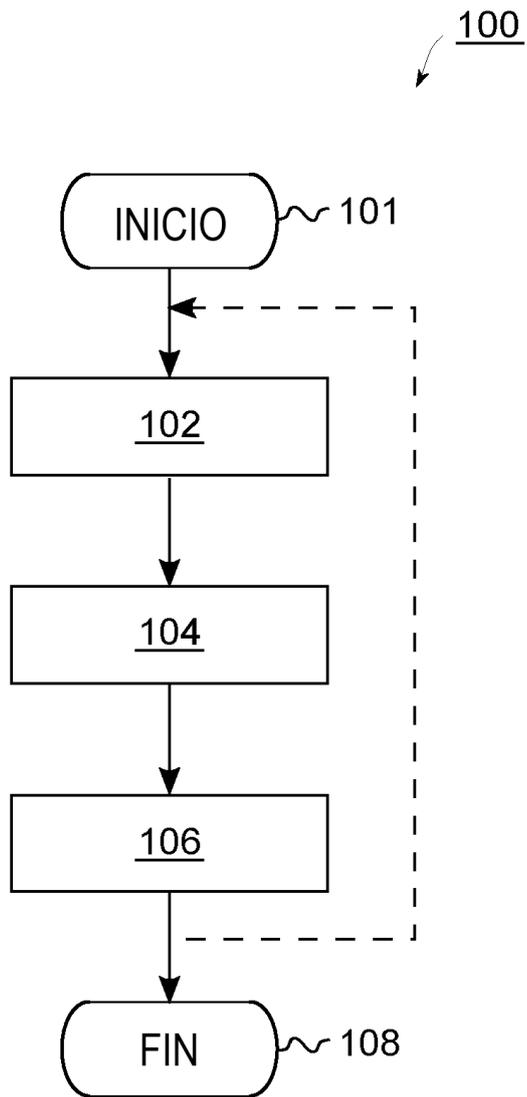


Fig. 1

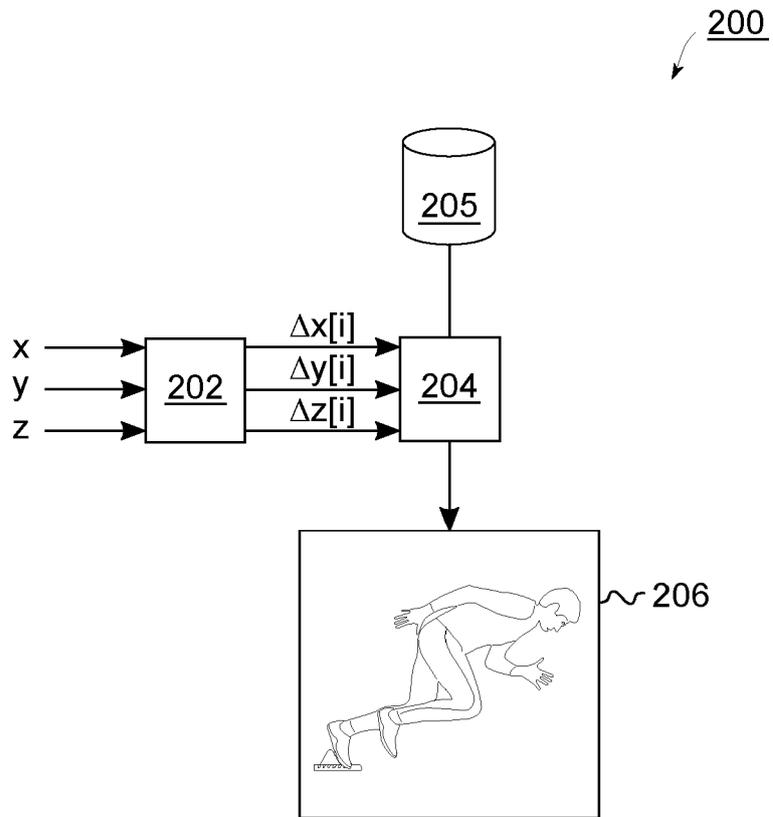


Fig. 2

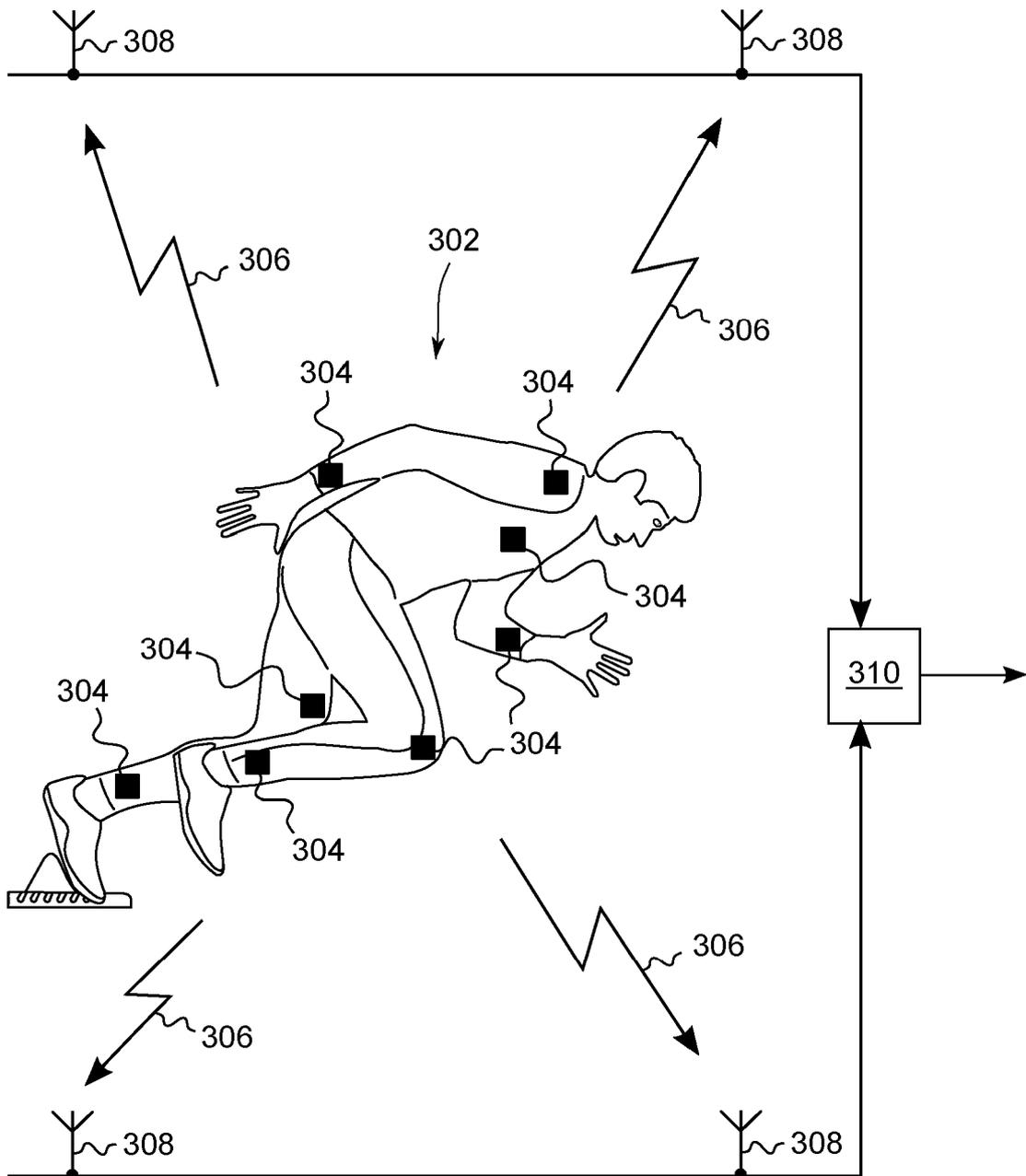


Fig. 3

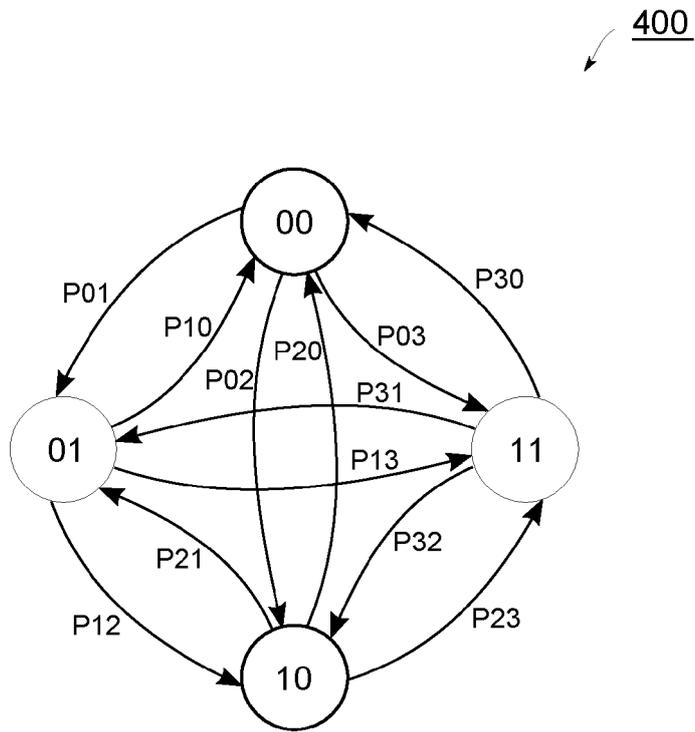


Fig. 4a

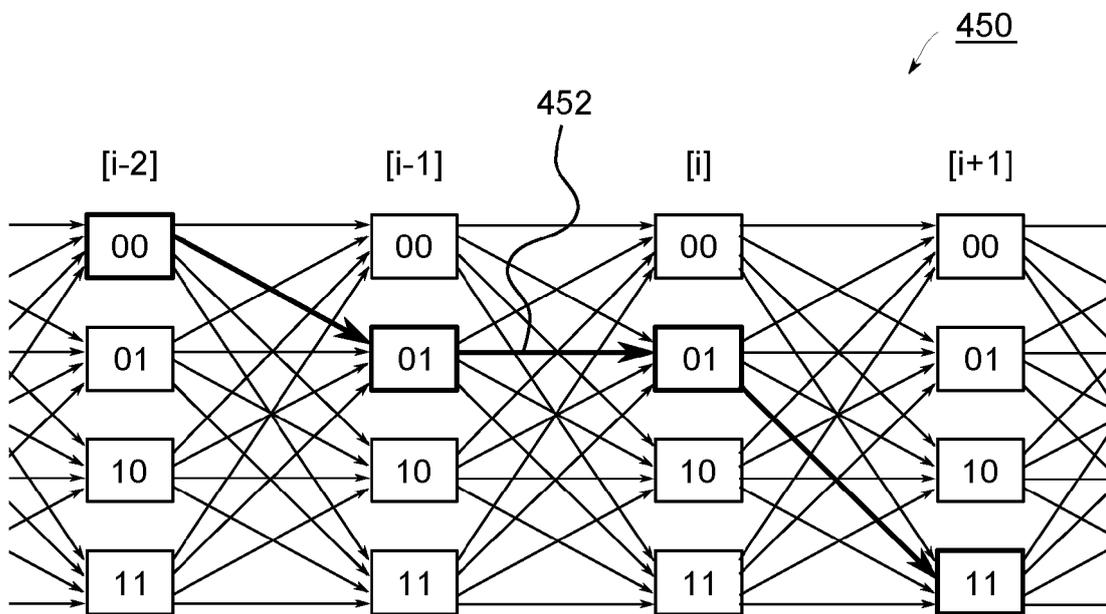


Fig. 4b

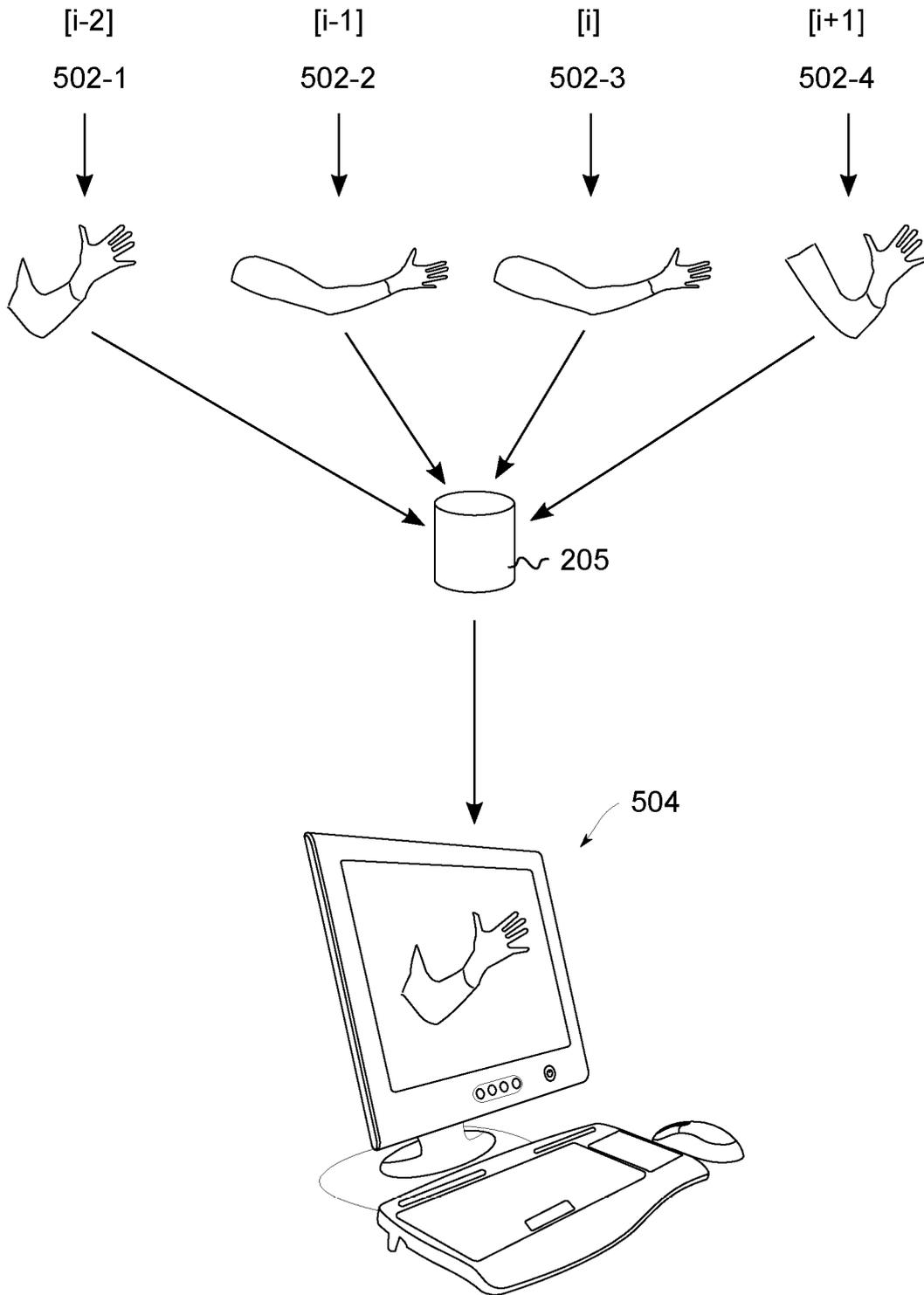


Fig. 5

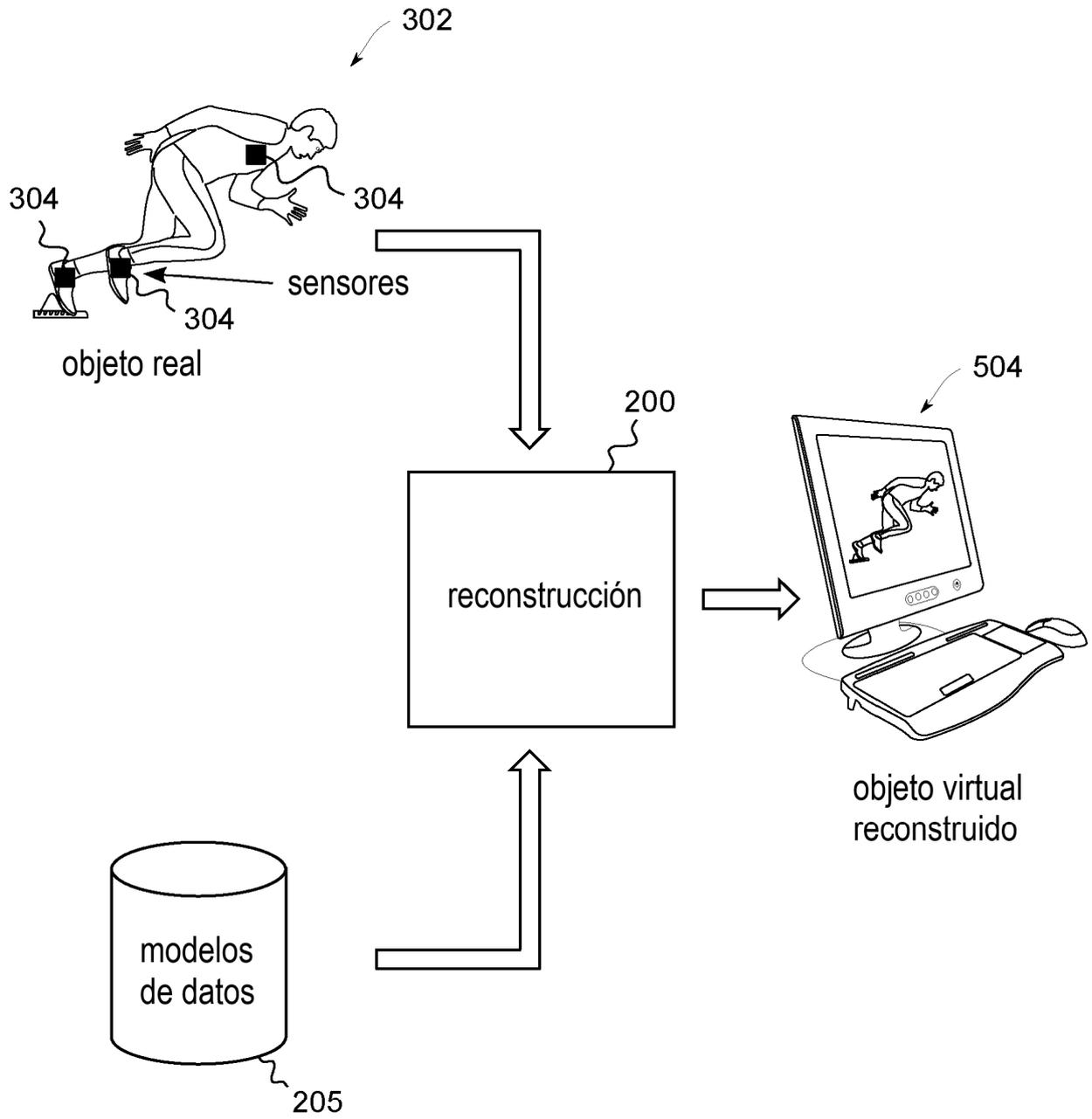


Fig. 6