

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 647**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2007.01)

G06T 7/20 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2014** **PCT/ES2014/070326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2014** **WO14170527**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2014** **E 14723454 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017** **EP 2988271**

54 Título: **Método y sistema para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego**

30 Prioridad:

17.04.2013 ES 201330546

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

06.10.2017

73 Titular/es:

FOXTENN BGREEN, S.L. (100.0%)

C/ Balmes, 94 2-1

08008 Barcelona, ES

72 Inventor/es:

SIMÓN VILAR, JAVIER

74 Agente/Representante:

GALLEGO JIMÉNEZ, José Fernando

ES 2 636 647 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

MÉTODO Y SISTEMA PARA DETERMINAR SI UN ELEMENTO ESFÉRICO IMPACTA CON UN COMPONENTE DE UN CAMPO DE JUEGO

5

Sector de la técnica

La presente invención concierne en general, en un primer aspecto, a un método para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego, o dispuesto sobre o próximo a él, mediante la realización de una detección aproximada y una más afinada que comprende la selección automática, en respuesta a la detección aproximada, de una o más imágenes de supervisión, y más particularmente a un método donde la detección aproximada se lleva a cabo mediante un sistema que permite discernir cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico.

10

Una aplicación preferida de la invención se refiere a juzgar si el elemento esférico bota dentro o fuera de las zonas de juego.

15

Un segundo aspecto de la invención concierne a un sistema apto para implementar el método del primer aspecto.

La invención se aplica con preferencia a un partido de tenis, donde las zonas de juego son las diferentes áreas rectangulares de una pista de tenis, el elemento esférico es una pelota de tenis, y según el reglamento se considera que ésta bota dentro de la zona de juego si toca alguna de las líneas perimetrales que la delimita.

20

La invención también se aplica a la formación de tenistas, para mejorar la precisión de sus tiros, mediante la disposición de dianas sobre los que la pelota debe botar después de golpearla.

Estado de la técnica anterior

A la hora de jugar al tenis, muchas pelotas botan tan rápidamente en las líneas que delimitan las diferentes zonas de juego de la pista, es decir el "dentro o fuera" de la pista o del área de saque, que el ojo humano no es capaz de seguirlas y no dejan huella, lo cual se convierte en una fuente de problemas.

25

Existen numerosas propuestas cuyo fin es el de juzgar si un elemento esférico, en particular una pelota de tenis, ha botado dentro o fuera de una zona de juego.

La propuesta más conocida, debido a la adopción de su uso en partidos de tenis reglamentarios, es la implementada por el sistema conocido como "ojo de halcón", en el cual se reproduce simuladamente la trayectoria de la pelota captada por cámaras de alta velocidad de alto coste, y permite ver si la pelota es "in" (dentro) o "out," (fuera) en teoría con una precisión de 3 mm.

30

Este sistema presenta muchos inconvenientes: es muy caro (16 cámaras de altísimo coste), requiere de terceras personas que viendo las imágenes seleccionen las imágenes correctas, y además en la simulación de trayectoria se estima un error de 3 mm, el cual mucha gente considera que en realidad es superior a dicho valor. El jugador no ve ninguna realidad, es una "acto de fe", ya que las imágenes son simuladas.

35

También existen propuestas en las que las imágenes a analizar no son simuladas, sino reales. A continuación se citan algunos documentos de patente relativos a tales propuestas.

La patente US8199199B1 propone un método y un sistema que registra, en tiempo real, la posición de una pelota de tenis en relación a unas líneas delimitadoras de unas zonas de juego de una pista de tenis, y que comprende capturar unas imágenes de la pista mediante como mínimo una videocámara sensible a la luz cercana al infrarrojo, así como emitir sobre la pista luz cercana al infrarrojo desde una fuente de luz que se desplaza en relación a la videocámara, con el fin de realizar un seguimiento de la trayectoria de la pelota y de su

40

sombra, determinar un punto de intersección entre ambas y compararlo con líneas delimitadoras de la pista previamente calibradas, para juzgar si la misma ha botado dentro o fuera de la zona de juego.

El sistema propuesto en dicha patente es harto complejo, ya que necesitan realizar una detección y seguimiento de dos elementos en movimiento, la pelota y su sombra, y aunque proponen realizar un filtrado de las imágenes capturadas para evitar confundir a dichos dos elementos con otros elementos móviles incluidos en el campo de visión de la videocámara, el resultado de tal filtrado es dudoso, sobre todo por lo que se refiere a las sombras de otros objetos que interfieran con la sombra de la pelota.

Asimismo, la eficiencia de la implementación de tal sistema es también muy dudosa, ya que, sobre todo por lo que se refiere a la sombra de la pelota, ésta variará en función de los puntos donde se sitúe la videocámara, o videocámaras, y la fuente de luz, y con el fin de apreciarla con claridad la videocámara debe estar situada a una cierta altura, lo que hace que no pueda asegurarse que en el punto de intersección de la pelota y su sombra la pelota haya contactado realmente con la pista o, aunque lo haya hecho, en qué punto preciso de la pista ha contactado.

Por la solicitud Internacional WO2007098537A1 se conoce un método y un sistema que reúnen, respectivamente, las características del preámbulo de las reivindicaciones independientes de la presente invención. El método y el sistema propuestos en WO2007098537A1 tienen como fin el de determinar parámetros de un contacto entre cuerpos, tal como el bote de un elemento esférico con una pista de juego, y para ello realizan una detección aproximada consistente en la detección de una emisión de infrarrojos localizada producida por el calor generado debido a la fricción asociada al contacto entre los cuerpos o a la deformación de uno de los cuerpos, y una selección automática y posterior visualización de una imagen o imágenes asociada a dicha detección aproximada y que incluyen información de la escena donde se ha producido el posible contacto, en el campo de los infrarrojos y con preferencia también en el campo visible, para permitir una inspección visual que determine, por ejemplo, si el elemento esférico ha botado dentro o fuera de una zona de juego.

El sistema utilizado para realizar la mencionada detección aproximada en WO2007098537A1, es decir la detección de emisiones de infrarrojos, es muy ineficaz, ya que las emisiones de infrarrojos pueden producirse por diversas causas indeseadas no asociadas al contacto entre los cuerpos de interés, es decir no asociadas, por ejemplo, al contacto entre el elemento esférico y la pista de juego. Tales causas pueden ser muy diversas, yendo desde el contacto provocado por un cuerpo que no sea de interés, tal como una hoja que caiga sobre la pista de juego o el propio jugador que se desplaza por la misma, hasta bruscas variaciones de temperatura de la zona de interés, por ejemplo por la inclusión de áreas de sol y sombra en la misma, o por ser la pista de tenis una pista de exterior sometida a altas temperaturas.

Un sistema de detección más antiguo y menos eficiente que los citados anteriormente, y que no está basado en imágenes, es el descrito en la patente GB2292218, la cual propone un método y un aparato para juzgar si una pelota de tenis ha botado sobre una línea mediante la utilización de una matriz de foto-detectores sobre los que incide un único haz láser colimado, detectándose la presencia y trayectoria de la pelota en función de los foto-detectores por delante de los cuales pasa la misma, es decir un sistema que se podría considerar como alternativo al sistema principal basado en adquisición de imágenes propuesto en WO2007098537A1, y superado claramente por éste último en cuanto a eficiencia en la detección.

En GB2292218 no se describe, ni tan siquiera se insinúa, que el objeto a detectar pueda no ser una pelota de tenis, por ello no se propone ninguna solución para tal problema completamente ignorado en GB2292218: ni un sistema de detección aproximada, como sí se hace en WO2007098537A1, ni ninguna otra clase de mecanismo auxiliar al sistema de foto-detección. Debe indicarse que tal sistema de foto-detección, entre muchas otras desventajas, como por ejemplo la de malinterpretar como bote sobre la línea un cruce del haz por

una zona que no está sobre la línea (tanto el emisor como el receptor están separados una cierta distancia de los extremos de la línea a monitorizar), tiene la desventaja de que es claramente incapaz de realizar una detección tridimensional, es decir que únicamente realiza una detección bi-dimensional la cual, obviamente, no permite detectar una esfera, es decir un objeto tridimensional, como máximo podría permitir detectar si el objeto proyecta, en alguna de sus posiciones, una silueta bi-dimensional circular, lo cual puede suceder a pesar de que el objeto no sea esférico.

La patente WO02/053232A2 describe un método para determinar si una pelota en juego bota dentro o fuera del campo de juego, basándose en al menos una cámara.

Las patentes EP2343106 y US2013/0038718 describen métodos para detectar la trayectoria de un elemento de juego esférico.

Por otro lado, se conocen diversas propuestas sobre sistemas de entrenamiento que proporcionan uno o varias dianas en la pista de tenis para que el jugador intente golpear la pelota para que bote sobre el objetivo seleccionado, y que detecte, con mayor o menor precisión, en qué zonas de la pista de tenis impacta la pelota después de que el jugador la golpea.

Una de tales propuestas se describe en el documento US2008293522A1, que proporciona un objetivo de práctica de pista de tenis libremente posicionable, así como una pantalla que responde a una señal generada por el objetivo (por ejemplo, inalámbricamente) y proporciona una indicación cuando se afecta cada área objetivo. La pantalla muestra el número de impactos en cada área, y los indicadores de luz y / o sonido indican cuándo ocurrió el impacto en cada área. El objetivo es una alfombrilla con áreas sensibles a impactos, configuradas por ejemplo por elementos piezoeléctricos u otros sensores.

La Patente ES2421399T3 propone una de tales alfombrillas para detectar los impactos de las pelotas.

El documento de patente TW201135216A propone detectar las áreas de impacto de la pelota sobre, en este caso, una mesa de ping-pong, utilizando una serie de transmisores y receptores de haz láser.

Además, la solicitud internacional WO2013124856A1 se refiere a un sistema de seguimiento y análisis de objetos en movimiento aplicables, entre otros, al tenis, consistente en marcar las diferentes posiciones de un oponente virtual en la pista de tenis usando un puntero láser o con un holograma siguiendo automáticamente programas de entrenamiento predefinidos o simulaciones del oponente virtual. La detección del impacto de la pelota de tenis, es decir, si se hace sobre el oponente virtual o la marca de la misma, se realiza mediante un sistema basado únicamente en cámaras.

Todos los sistemas de entrenamiento citados que proporcionan uno o más dianas en la pista de tenis claramente pueden ser mejorados en términos de precisión en la detección del impacto de la pelota en el objetivo.

Explicación de la invención

Resulta necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que permita cubrir las lagunas halladas en el mismo, y que, en particular, ofrezca unas prestaciones y una eficiencia, en cuanto al porcentaje de aciertos, claramente superiores a las conseguidas con el método y el sistema propuestos en WO2007098537A1, y que además mejore claramente la precisión de detección del impacto de un elemento esférico sobre un objetivo en relación con sistemas y métodos conocidos.

Con tal fin, la presente invención concierne, en un primer aspecto, a un método para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego, o dispuesto sobre o próximo a él, donde dichas zonas de juego están delimitadas por unas líneas perimetrales y forman un campo de juego, donde el método comprende:

a) adquirir una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre al menos parte de al menos dicho componente;

b) realizar una detección aproximada del impacto de un elemento esférico con dicho componente o próximo al mismo;

5 c) seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen, de dicha secuencia de imágenes, adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho bote; y

d) analizar la al menos una imagen seleccionada para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no con dicho componente.

10 A diferencia de las propuestas conocidas, el método propuesto por el primer aspecto de la presente invención comprende, de manera característica, realizar la mencionada detección aproximada con un sistema de detección y reconocimiento de objetos que permite discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico, para lo cual, evidentemente, el sistema de detección y reconocimiento de objetos es de tipo tridimensional.

15 Según un ejemplo de realización preferido, el componente del campo de juego es una de las líneas perimetrales de entre esas líneas perimetrales que limitan las zonas de juego, y el método el método está destinado a juzgar si un elemento esférico bota dentro o fuera de estas zonas de juego, con el bote constituyendo dicho impacto, donde:

20 dicha etapa a) comprende adquirir una secuencia de imágenes de al menos una zona de vigilancia del campo de juego que cubre al menos parte de al menos una de dichas líneas perimetrales, consistente generalmente en una o más áreas de vigilancia, donde conjuntamente cubren todas las líneas perimetrales de las zonas de juego; dicha etapa b) comprende realizar una detección aproximada del bote de un elemento esférico en una de dichas líneas perimetrales o próxima a la misma; dicha etapa c) comprende la selección automática, en respuesta a dicha detección aproximada, de al menos una
25 imagen, de dicha secuencia de imágenes, adquirida para el mismo punto en el tiempo y que incluye el área en la que se produjo dicho bote; y dicha etapa d) comprende analizar la al menos una imagen seleccionada, para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no en dicha línea perimetral, para juzgar si el elemento esférico ha botado dentro o fuera del área de juego delimitada por dicha línea perimetral del paso b)

30 De acuerdo con otra realización (en general alternativa a lo anterior pero que también podría combinarse con ella), el componente de dicho campo de juego es un objetivo dispuesto dentro de al menos una de dichas zonas de juego, que están delimitadas por unas líneas perimetrales, en las que:

35 dicha etapa a) comprende adquirir una secuencia de imágenes de al menos una zona de vigilancia de dicho campo de juego que cubre al menos parte de dicho objetivo; dicha etapa b) comprende realizar una detección aproximada de un bote de un elemento esférico sobre dicho por lo menos un objetivo, o próximo a él; dicha etapa c) comprende la selección automática, en respuesta a dicha detección aproximada, de al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquiridas para el mismo punto en el tiempo y que incluye el área donde se produjo dicho bote; y dicha etapa d) comprende analizar la
40 imagen seleccionada, de la que debe haber al menos una, para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no sobre el objetivo de la etapa b).

Según con una variante preferida de este ejemplo de realización en la que el componente es un objetivo, este último está constituido por una sub-área de al menos una de las zonas de juego y está marcado física o virtualmente sobre el suelo, proyectado sobre el suelo (por ejemplo mediante el uso de un puntero láser) o en medios de visualización visibles para el jugador, por ejemplo en una pantalla grande colocada en el campo de juego.

De manera menos preferida, el objetivo no consiste en una sub-área del área de juego, sino colocada sobre ella, no necesariamente a nivel del suelo, física o virtualmente (como en el caso de un holograma).

Siguiendo con dicho ejemplo de realización, el método comprende, opcionalmente, modificar la forma, tamaño y / o posición del objetivo, con referencia al campo de juego, y realizar las etapas a) a d) para detectar si el elemento esférico ha botado o no sobre el objetivo modificado.

De manera alternativa, o complementaria, el método comprende, después de completar la etapa d) para un objetivo, proceder a seleccionar otro objetivo y llevar a cabo las etapas a) a d) para detectar si el elemento esférico ha botado o no sobre dicho otro objetivo.

Para la realización en la que se aplica el método del primer aspecto de la invención para determinar si el elemento esférico bota sobre un objetivo, éste está preferiblemente asociado con un método o sistema de entrenamiento que realiza la selección y / o modificación o adaptación mencionada anteriormente de las dianas, así como su puntuación y repetición, a elección del jugador o entrenador, por ejemplo a distancia a través de un dispositivo informático móvil (tal como una "tableta" o "teléfono inteligente") o automáticamente después de un programa de entrenamiento pre programado y que mide los resultados obtenidos por el jugador, dependiendo de su objetivo al golpear el elemento esférico en las dianas. Todos los puntos, áreas (es decir, dianas o diferentes áreas objetivo, etc.) se pueden ver en directo en una pantalla en el campo de juego y / o controlarse a través de dicho dispositivo informático móvil.

Preferentemente, dicho sistema de entrenamiento incluye un robot o máquina móvil que, si el campo de juego es una pista de tenis, se mueve a lo largo de la pista lanzando pelotas basándose en una serie configurada o en relación con la posición del jugador, que es identificada por el sistema de detección y reconocimiento del objeto en sí mismo.

Tal sistema de entrenamiento opcionalmente incluye otros tipos de dispositivos de medición, por ejemplo velocidad y / o potencia de la pelota golpeada por el jugador, proporcionando así no sólo la precisión de la carrera como resultado, sino también mediciones de potencia y / o velocidad.

Aunque en la presente solicitud no se ha reivindicado tal método o sistema de entrenamiento al cual está asociado el método y / o sistema de la presente invención, la descripción incluida aquí es suficiente para soportar y buscar la protección independiente de tal método y sistema de entrenamiento, por ejemplo a través de una aplicación divisional.

El método propuesto por el primer aspecto de la invención también puede aplicarse a la detección del impacto de un elemento esférico con un componente que no sea ninguno de los dos explicados anteriormente, es decir que no sea una línea perimetral o una diana, como por ejemplo, en el caso de que el campo de juego sea una pista de tenis, un poste (próximo al campo de juego, como es el caso de los que sujetan la red central), la red central (tanto la porción incluida dentro del campo de juego delimitado por las líneas perimetrales como la que no lo está, es decir la que está próxima al campo de juego), etc. Para otra clase de campos de juego, los componentes pueden ser de muy diversa índole, tal como, por ejemplo en una pista de baloncesto, el aro de una canasta o un jugador, etc. El método comprende utilizar como sistema de detección y reconocimiento un sistema de escáner tridimensional, activo o pasivo, pudiendo utilizarse cualquiera de los conocidos en el estado de la técnica del tipo "sin contacto", es decir de los que trabajan analizando el retorno de una señal (emitida ex profeso

en el caso de los sistemas activos o la propia del ambiente en el caso de los pasivos) para capturar la geometría de un objeto o una escena. Pueden utilizarse radiaciones electromagnéticas (desde ondas de radio hasta rayos X) o ultrasonidos, pudiendo combinarse diferentes dispositivos para la emisión y la detección, como por ejemplo un emisor láser (por ejemplo de luz estructurada o de luz modulada) y un detector constituido por una cámara que detecta la luz reflejada.

Para un ejemplo de realización preferido, dicho sistema de escáner tridimensional es un sistema de escáner láser activo, tal como un sistema LIDAR (acrónimo del inglés "Light Detection and Ranging" o "Laser Imaging Detection and Ranging") que incluye uno o varios escáneres láser.

Alternativamente, el sistema de escáner tridimensional está formado por una pluralidad de cámaras operando de manera sincronizada y dispuestas espacialmente de manera que adquieren información tridimensional, y que por tanto son capaces de detectar y reconocer objetos tridimensionales, y por ende discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico.

En función del ejemplo de realización, la mencionada detección aproximada de la etapa b) comprende realizar dos o más detecciones que incluyen al menos un momento en que se produce dicho impacto o bote y/o al menos un momento inmediatamente anterior al impacto o bote y/o al menos un momento inmediatamente posterior al impacto o bote, utilizándose en dicha etapa c) como punto temporal para la selección automática de dicha imagen al menos uno de los puntos temporales de dichas detecciones, con preferencia el correspondiente al impacto o bote o al momento inmediatamente anterior.

Para los ejemplos de realización para los que el componente sobre el que detectar el impacto del elemento esférico se encuentra a ras de suelo, como es el caso de la línea perimetral y, en general, de las dianas, tal detección aproximada se realiza, a una altura al nivel o próxima al suelo, para detectar al elemento esférico al botar sobre el mismo y cuando está a punto o acaba de hacerlo, y, según un ejemplo de realización mediante dos respectivos escáneres láser.

Si el componente no se encuentra a ras de suelo, como es el caso de la red central de una pista de tenis, la detección aproximada se realiza a una altura adecuada para tal componente. El método comprende, de manera previa a la detección aproximada y, en general, a mayor altura que la misma, realizar una pre-detección del paso del elemento esférico por como mínimo dos puntos situados a distinta altura, y realizar, en base a dicha pre-detección, una predicción de la trayectoria a seguir por el elemento esférico hacia el suelo y una predeterminación o predefinición de una zona aproximada donde se producirá el impacto o bote. Si la detección aproximada no se realiza a ras de suelo, como es el caso comentado anteriormente en el que el componente es la red central de una pista de tenis, al menos una pre-detección como la descrita se lleva a cabo a una altura menor que la detección aproximada, con el fin de predecir trayectorias del elemento esférico hacia arriba, como sería el caso de que un tenista golpease la pelota de abajo arriba para intentar superar la red central. Esta detección es complementaria (para el caso de querer cubrir ambas trayectorias: la que va hacia arriba y la que va hacia abajo) al anterior.

La citada predeterminación o predefinición de una zona aproximada donde se producirá el impacto o bote del elemento esférico, obtenida según se ha descrito en los párrafos anteriores o por cualquier otra clase de mecanismo considerado como adecuado por parte del experto en la materia, constituye por sí misma un alternativa a la detección aproximada de la etapa b). Es decir que, según otro aspecto de la presente invención, alternativo al primer aspecto, la presente invención concierne a un método para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego, o dispuesto en o próximo al campo de juego, estando dicho campo de juego formado por unas zonas de juego, donde el método comprende:

a) adquirir una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a al menos parte de al menos dicho componente;

b) realizar una predeterminación o predefinición de una zona aproximada donde se producirá el impacto o bote del elemento esférico;

5 c) seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha predeterminación o predefinición de una zona aproximada, al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el punto temporal asociado al impacto o bote previsto del elemento esférico, y que incluye el área donde se prevé que se produzca dicho impacto o bote; y

10 d) analizar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para comprobar si el elemento esférico ha impactado, o botado, realmente o no con dicho componente.

El método propuesto por este aspecto alternativo al primer aspecto de la presente invención comprende, preferentemente, realizar la mencionada detección aproximada con un sistema de detección y reconocimiento de objetos que permite discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico, para lo cual, obviamente, la detección y reconocimiento de objetos es tridimensional.

15 El método comprende llevar a cabo dicha pre-detección utilizando como mínimo dos dispositivos de detección, tal como dos escáneres láser, del sistema de detección y reconocimiento de objetos, situados en los mencionados dos puntos a distinta altura.

20 El método comprende discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico por la diferencia en las señales de detección provocadas al ser detectado por el sistema de detección y reconocimiento en comparación con señales de detección provocadas por la detección de otros elementos, estacionarios o móviles, de al menos forma y dimensiones distintas.

25 El sistema de detección y reconocimiento "sabe" donde se encuentran exactamente los pies de los jugadores o cualquier otro elemento dentro de la pista, por lo que permite realizar la distinción del elemento esférico respecto a dichos elementos. Posteriormente, cuando se explique el sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, se hará una descripción más detallada de qué elementos del sistema y cómo operan para realizar la mencionada diferenciación automática de la detección del elemento esférico de otros elementos. Sirva tal descripción posterior de la operatividad de tales elementos como válida también para definir las acciones realizadas según el método propuesto por el primer aspecto de la invención, para unos ejemplos de realización.

30 Para otros ejemplos de realización, el método comprende utilizar como sistema de detección y reconocimiento, de manera alternativa o complementaria al sistema de escáner láser, otra clase de detectores, tales como detectores lineales (en este caso de manera complementaria a un sistema apto para captar información tridimensional) o cámaras, u otra clase de sistemas de escáner, como los indicados anteriormente.

35 Para un ejemplo de realización preferido, dicho elemento esférico es una pelota de tenis y dicho campo de juego es una pista de tenis, siendo dichas zonas de juego las diferentes áreas rectangulares de dicha pista de tenis, de manera que el método permite determinar tanto si la pelota ha botado dentro o fuera de la pista de juego como si lo ha hecho dentro o fuera del área rectangular destinada al saque.

40 Siguiendo con dicho ejemplo de realización preferido aplicado al tenis, según una variante del mismo, el método propuesto por el primer aspecto de la presente invención comprende seleccionar como líneas perimetrales sobre las que comprobar si la pelota de tenis ha botado realmente o no:

- las que delimitan una respectiva zona de saque (izquierda o derecha) sobre la que un jugador va a sacar o ha sacado, para juzgar si la pelota de tenis bota dentro o fuera de dicha zona de saque; o

- las que delimitan la zona de juego total para un partido individual o para uno de dobles, durante el intercambio de golpes posterior al saque.

Adicionalmente, el método comprende recibir información sobre si, tras el saque, la pelota de tenis ha tocado o no la red, y en función de dicha información, tras juzgar si la pelota de tenis bota dentro o fuera de dicha zona de saque, el método comprende emitir una señal indicativa de que:

- debe repetirse el saque, si la pelota de tenis ha botado dentro de la zona de saque pero tras haber tocado la red, o

- no debe repetirse el saque, si la pelota de tenis ha botado fuera de la zona de saque tras haber tocado la red.

La detección de si la pelota ha tocado o no la red puede llevarse a cabo con un sensor dispuesto en la propia red o incluso mediante el sistema de detección y reconocimiento de objetos utilizado por parte del método propuesto por el primer aspecto de la presente invención.

En función del tipo de juego practicado se considerará que si el elemento esférico ha tocado la línea perimetral éste ha botado dentro de la zona de juego, como es el caso preferido aplicado al tenis, o fuera de la zona de juego, como sería el caso, menos preferido, aplicado al baloncesto.

Según un ejemplo de realización, la etapa d) comprende mostrar la imagen o imágenes seleccionadas en unos medios de visualización para permitir realizar el mencionado análisis de la misma juzgándola visualmente o como complemento a dicho análisis.

Para un ejemplo de realización, el análisis de la etapa d) es un análisis automático, realizado mediante programas o algoritmos de procesamiento de imágenes.

En función del ejemplo de realización, el método comprende iniciar la etapa d) bajo petición de un jugador o juez, o automáticamente tras la selección de la etapa c).

En el primer caso, la petición por parte del jugador o juez puede requerir de la intervención de una tercera persona, tal como un operario, que inicie la etapa d) cuando reciba la petición, mediante gesto o voz, por parte del jugador o juez, o automáticamente, por ejemplo mediante la implementación de un sistema de control gestual que reconozca un gesto del jugador o juez y active automáticamente el inicio de la etapa d).

Tales sistemas reconocimiento y control gestual son conocidos, y van desde los basados en el análisis de imágenes que captan dichos gestos hasta los más sofisticados que incluyen un dispositivo detector de movimientos portado por el jugador o juez, tal como una pulsera inercial y/o electromiográfica, que permite reconocer el gesto realizado con la muñeca y/o mano y/o brazo por parte del jugador y/o juez.

Según un ejemplo de realización, la etapa c) del método propuesto por el primer aspecto de la invención comprende la selección de una pluralidad de imágenes, ordenadas en secuencia, que incluyen a la imagen adquirida para el mismo punto temporal de la detección aproximada e imágenes para puntos temporales previos y posteriores al mismo.

El mencionado análisis automático es, según un ejemplo de realización, relativo a dicha pluralidad de imágenes seleccionadas e incluye como mínimo la elección de la imagen en la cual el elemento esférico aparece más deformado contactando con el suelo y el posterior análisis automático de la misma y/o su exposición en dichos medios de visualización.

Para un ejemplo de realización, la etapa d) comprende la reproducción de un vídeo que incluye a dicha pluralidad de imágenes, en cámara lenta, hacia delante y/o atrás y/o deteniéndolo con el fin de realizar el mencionado juicio visual.

Para otro ejemplo de realización, complementario o alternativo al anterior, la etapa d) comprende mostrar una zona de interés ampliada de la imagen o imágenes seleccionadas centrada en el área del impacto o bote del elemento esférico.

5 El método comprende llevar a cabo la etapa a), de acuerdo a un ejemplo de realización preferido, mediante una pluralidad de cámaras de alta velocidad cubriendo los diferentes componentes de dicho campo de juego, o dispuestos en o próximos al campo de juego, desde diferentes lados de los mismos, y/o los diferentes tramos de líneas perimetrales desde ambos lados y/o extremos de las mismas y/o todas las dianas desde diferentes lados de las mismas.

10 Según un ejemplo de realización, tanto del primer aspecto como del anteriormente referido como aspecto alternativo al primer aspecto, el método comprende utilizar la anteriormente descrita predefinición de una zona aproximada donde se producirá el impacto o bote para activar (si no lo estaba ya) y/o controlar al menos una de dichas cámaras de alta velocidad cuya área de cobertura incluye a dicha zona aproximada predefinida, siendo relativo dicho control a, por ejemplo, la realización de un micro foco mecánico de la cámara activada con el fin de centrar el área de adquisición de imágenes a la zona de interés.

15 Un segundo aspecto de la invención concierne a un sistema para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego, o dispuesto en o próximo al campo de juego, estando dicho campo de juego formado por unas zonas de juego, donde el sistema comprende:

20 - unos medios de adquisición y registro de imágenes configurados y dispuestos para adquirir y registrar una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a al menos parte de dicho componente;

- unos medios de detección configurados y dispuestos para realizar una detección aproximada de un impacto de un elemento esférico con dicho componente o próximo al mismo;

25 - unos medios de selección automáticos en conexión con dichos medios de detección, con acceso a dichas imágenes registradas, y configurados para seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho impacto; y

- unos medios de visualización y/o análisis configurados para, respectivamente, mostrar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para permitir su análisis juzgándola visualmente, y/o para analizarla automáticamente, para comprobar si el elemento esférico ha impactado realmente o no con dicho componente.

30 A diferencia de los sistemas conocidos, en el propuesto por el segundo aspecto de la presente invención, de manera característica, los medios de detección comprenden un sistema de detección y reconocimiento de objetos que permite discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico.

35 Según un ejemplo de realización preferido, dicho componente del campo de juego es una línea perimetral de las líneas perimetrales que delimitan dichas zonas de juego, y el sistema está previsto para juzgar si un elemento esférico bota dentro o fuera de dichas zonas de juego, dicho bote constituyendo dicho impacto,, donde:

40 - dichos medios de adquisición y registro de imágenes están configurados y dispuestos para adquirir y registrar una secuencia de imágenes de cómo mínimo un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a como mínimo una porción de al menos una de dichas líneas perimetrales;

- dichos medios de detección están configurados y dispuestos para realizar una detección aproximada de un bote de un elemento esférico sobre una de dichas líneas perimetrales o próximo a la misma;

- dichos medios de selección automáticos están en conexión con dichos medios de detección, con acceso a dichas imágenes registradas, y configurados para seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, como mínimo una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho bote; y

5 - dichos medios de visualización y/o análisis configurados para, respectivamente, mostrar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para permitir su análisis juzgándola visualmente, y/o para analizarla automáticamente, para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no sobre la línea perimetral relativa a la detección aproximada, con el fin de juzgar si el elemento esférico ha botado dentro o fuera de la zona de juego delimitada por dicha línea perimetral.

10 De acuerdo con otro ejemplo de realización (en general alternativo al anterior pero que también podría combinarse con el mismo), dicho componente de dicho campo de juego es una diana dispuesta dentro de al menos una de dichas zonas de juego, las cuales están delimitadas por unas líneas perimetrales, donde:

- dichos medios de detección están configurados y dispuestos para realizar una detección aproximada de un bote de un elemento esférico sobre dicha diana, que es al menos una, o próximo a la misma;

15 - dichos medios de selección automáticos están en conexión con dichos medios de detección, con acceso a dichas imágenes registradas, y configurados para seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho bote; y

20 - dichos medios de visualización y/o análisis están configurados para, respectivamente, mostrar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para permitir su análisis juzgándola visualmente, y/o para analizarla automáticamente, para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no sobre la diana de la etapa b).

25 Según una variante preferida de dicho ejemplo de realización donde el componente es una diana, ésta está constituida por una sub-área de como mínimo una de las zonas de juego, estando los mencionados medios de visualización configurados también para mostrar dicha diana, mediante una imagen de la misma tomada con al menos una cámara, para el caso de que la diana esté marcada físicamente sobre el suelo, o mediante una representación virtual de la misma, para el caso de que la diana solamente esté marcada virtualmente, proyectada sobre el suelo o en unos medios de visualización visibles para un jugador.

30 Con preferencia, el elemento esférico es una pelota de tenis y el campo de juego es una pista de tenis, siendo las zonas de juego las diferentes áreas rectangulares de la pista de tenis. El sistema detección y reconocimiento comprende cualquier sistema de escáner tridimensional, activo o pasivo, de los descritos anteriormente con referencia al método propuesto por el primer aspecto de la invención, o cualquier sistema conocido.

35 Según ejemplos de realización preferidos, el sistema de detección y reconocimiento incluye como mínimo un sistema de escáner láser, que comprende unos o más escáneres láser. El sistema de detección y reconocimiento comprende, con el fin de realizar la mencionada detección aproximada, como mínimo un primer dispositivo de detección (tal como un escáner láser) dispuesto a nivel de suelo o próximo al mismo, con su campo de cobertura incluyendo como mínimo una porción del componente y/o de la línea perimetral y/o de la diana sobre o cerca de la cual se producirá dicho impacto o bote. El sistema de detección y reconocimiento
40 comprende como mínimo un segundo y un tercero dispositivos de detección (tales como dos escáneres láser) situados en dos respectivos puntos a distinta altura, ambos a mayor altura que el primer dispositivo de detección, dispuestos y configurados para detectar el paso de un elemento móvil por como mínimo dichos dos puntos, estando el sistema de detección y reconocimiento configurado para realizar, en base a dicha detección del paso

por dichos dos puntos, una predicción de la trayectoria a seguir por el elemento móvil, y para discernir si éste es o no un elemento esférico.

Cuando el elemento móvil cuyo paso se ha detectado por dichos dos puntos es el elemento esférico, la mencionada predicción de su trayectoria incluye también la anteriormente descrita (con referencia al método del primer aspecto de la invención) predicción y predefinición de una zona aproximada donde se producirá el bote.

El sistema de detección y reconocimiento permite discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico debido a que incluye un sistema de procesamiento que implementa un algoritmo complejo con acceso a información de detección de todos los dispositivos de detección anteriormente indicados, tanto previamente registrada, para los elementos estacionarios ubicados dentro de las áreas de cobertura de los dispositivos de detección, como correspondiente a unas detecciones actuales de elementos móviles, en primer lugar mediante el segundo y el tercero dispositivos de detección anteriormente descritos, que permiten detectar el paso de un elemento móvil y su trayectoria, y después con el dispositivo de detección dispuesto a nivel del suelo, que permite validar, por ejemplo, si el elemento móvil era el pie de una persona.

El único elemento móvil con las dimensiones del elemento esférico es el propio elemento esférico, cuya detección por los dispositivos de detección provoca unas señales de detección perfectamente distinguibles de las ocasionadas por otros elementos.

Para el ejemplo de realización preferido en que los dispositivos de detección son escáneres láser, éstos permiten obtener información de distancia respecto a los mismos de cada punto de contacto del haz láser con el elemento detectado, siendo el número y agrupación de puntos de contacto muy diferente cuando el elemento es un elemento esférico o, por ejemplo, el pie de un jugador.

Ventajosamente, el sistema de detección y reconocimiento comprende una pluralidad de los primero, segundo y tercero dispositivos de detección dispuestos cubriendo diferentes áreas de, y por encima de, las zonas de juego, lo que permite, para el caso de que éstos sean escáneres láser, calcular en cada momento la posición de cada objeto en las zonas de juego.

Para un ejemplo de realización, el sistema comprende unos medios de control en conexión con los medios de selección automáticos y con los medios de visualización y/o análisis, para controlar a los últimos para que muestren (preferentemente ampliada) y/o analicen la imagen o imágenes seleccionadas, por ejemplo en un pantalla situada en la pista o en cualquier otra clase de dispositivo de visualización.

Los medios de adquisición y registro de imágenes del sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención comprenden, según un ejemplo de realización, una pluralidad de cámaras de alta velocidad (como mínimo del orden de unos 1000 fotogramas por segundo) dispuestas de manera que sus áreas de cobertura abarquen los diferentes componentes de dicho campo de juego, o dispuestas en o próximos al mismo, desde diferentes lados de los componentes, y/o los diferentes tramos de líneas perimetrales desde ambos lados y/o extremos de las mismas y/o todas las dianas desde diferentes lados de las mismas, de manera que en la selección de la imagen llevada a cabo por los medios de selección automáticos, en base a información de la zona donde se ha detectado de manera aproximada que se ha producido el impacto o bote de la pelota, se escoge la cámara de alta velocidad que supervisa dicha zona seleccionándose la imagen captada por la misma para el milisegundo exacto en el que se ha producido la detección aproximada.

Preferentemente dichas cámaras de alta velocidad están dispuestas a ras de suelo, o sustancialmente a ras de suelo, de manera que capten exactamente la superficie de contacto de la pelota cuando se deforma en el suelo, lo cual, junto con la gran cantidad de imágenes captadas por segundo por las cámaras, permiten elegir la

imagen en la que la pelota aparece más deformada para su análisis, sin realizar ningún tipo de simulación, con lo que la precisión del sistema es muy grande .

De acuerdo con un ejemplo de realización, como mínimo una de las cámaras de alta velocidad u otra cámara de los medios de adquisición y registro de imágenes, preferentemente dos, es móvil.

5 La memoria o memorias donde se registran las imágenes forman parte de la circuitería electrónica de las propias cámaras o de un sistema electrónico externo.

Según una variante de dicho ejemplo de realización las cámaras móviles y/o unas cámaras TOF (acrónimo del inglés "Time Of Flight": Tiempo de vuelo) van montadas en unos robots móviles inteligentes que "entienden" las circunstancias del juego. Cada uno de dichos robots incluye un sistema de supervisión, seguimiento y predicción que lo hace conocedor de las circunstancias del juego, incluyendo la posición en cada momento de los jugadores y del elemento esférico, y que predice, mediante cálculo, dónde va a impactar o botar el elemento esférico, siendo el robot apto para, en base a dicho conocimiento y predicción, buscar el mejor ángulo de captación de la cámara móvil y desplazarse en dirección a la zona donde se prevé que bote el elemento esférico, permitiendo así obtener una imagen de la zona de interés más adecuada y por tanto un cálculo más preciso.

15 También es posible, según otro ejemplo de realización, utilizar la anteriormente descrita predefinición de una zona aproximada donde se producirá el bote para controlar al robot y dirigirlo hacia la misma con el fin de obtener unas imágenes detalladas del bote del elemento esférico.

El sistema del segundo aspecto está adaptado para implementar el método del primer aspecto, realizándose las etapas de selección automática y de análisis de imágenes automático, en general, mediante un software adecuado instalado en un sistema de computación que implementa a los medios de selección y de análisis. Sirva, por tanto, la descripción de todos los ejemplos de realización del método propuesto por el primer aspecto de la invención como válida para describir ejemplos de realización análogos relativos al sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, incorporando éste los medios adecuados para realizar las funciones descritas con relación al método, incluidos en los medios ya descritos anteriormente o adicionales a los mismos.

El mencionado software instalado en un sistema de computación que implementa a los medios de selección y de análisis permite analizar en directo y casi en tiempo real si la pelota ha sido fuera o no (la información se transmite preferentemente en menos de un segundo), por análisis real de la imagen de mayor contacto, no por simulación. Otra opción es que el jugador puede visualizar la imagen del bote y juzgar sólo o pedir el análisis automático del bote al sistema.

El jugador puede pedir tal análisis automático y/o la visualización de la imagen seleccionada, que puede denominarse petición de "Ojo de Zorro" haciendo una señal gestual, que se interpreta por cualquiera de los sistemas de reconocimiento gestual anteriormente mencionados, incorporado en el sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, tal como una pulsera inercial y/o electromiográfica portada por el jugador, la cual entiende y decodifica tal señal gestual como un movimiento preestablecido, dando la orden al sistema de ver la imagen y/o de realizar el análisis automático.

El sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención es un sistema de máxima precisión (hasta el milímetro), trabaja con imágenes reales, es decir no simuladas, que, para sus ejemplos de realización en las que todas las acciones se realizan de manera automática, no necesita de la intervención de terceras personas y que es instalable en cualquier pista de tenis.

Aunque el sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención se instale en el exterior, éste no es afectado ni por las temperaturas altas de la pista, ni por las sombras, ni por la luz del sol, ni por las personas u

otros objetos existentes dentro del área de cobertura del sistema de detección y reconocimiento, ya que éste "sabe" lo que es cada objeto detectado. La dimensión y forma del elemento esférico permite informáticamente, con los datos de los dispositivos de detección, diferenciarlo claramente de cualquier otro objeto. Tampoco tienen una influencia negativa los posibles elementos intermedios entre la cámara y el elemento esférico, ya que se

5

existen cámaras para adquirir imágenes desde varios ángulos diferentes garantizando siempre cobertura "limpia directa" hacia el elemento esférico.

El sistema no depende de simulaciones para saber el bote real de la pelota, ni de terceras personas que manipulen el sistema, ni de costes excesivos (cada cámara de alta velocidad tiene un coste muy inferior al de cada cámara del sistema "ojo de halcón").

10

Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

15

la Fig. 1 es una representación esquemática en planta del sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención con sus elementos dispuestos sobre una pista de tenis; y asociado con la detección del bote de una pelota de tenis en las líneas perimetrales que delimitan las zonas de juego;

la Fig. 2 es una representación esquemática en alzado de unos dispositivos de detección del sistema de detección y reconocimiento del sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, dispuestos a diferentes alturas en relación a una línea perimetral de una área de juego.

20

la Fig. 3 es una vista análoga de la Fig.1, pero asociada con la detección del bote de una pelota de tenis en dianas situadas en diferentes zonas de la pista de tenis, y representados por I

Descripción detallada de un ejemplo de realización

25

En la Fig. 1 se ilustra una pista de tenis con una serie de zonas de juego rectangulares Z1-Z10 en las que está dividida la misma, de uso durante un partido de tenis, estando las zonas rectangulares Z1-Z10 delimitadas por unas líneas perimetrales L, que definen tanto la zona de juego total, que para un partido individual no incluye las zonas Z7, Z8, Z9 y Z10 y para uno de dobles sí, como las sub-zonas de juego, como es el caso de las zonas Z2, Z3, Z4 y Z5 correspondientes a las zonas de saque, siendo de interés detectar si la pelota de tenis bota tanto en las líneas perimetrales L de dichas zonas de saque Z2-Z5, durante el saque, como en las que delimitan la zona de juego total, durante el intercambio de golpes posterior al saque.

30

El sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención comprende, para el ejemplo de realización ilustrado en dicha Fig. 1:

- unos medios de adquisición y registro de imágenes que incluye una pluralidad de cámaras de alta velocidad C, dispuestas alrededor de la pista de tenis, con preferencia a ras de suelo, cubriendo diferentes porciones de líneas perimetrales L y zonas adyacentes a las mismas;

35

- unos medios de detección configurados y dispuestos para realizar una detección aproximada de un bote de la pelota de tenis B sobre alguna de las líneas perimetrales L o próximo a la misma, y que comprenden un sistema de detección y reconocimiento de objetos que permite discernir cuándo el objeto detectado es realmente una pelota de tenis, y que incluye una serie de escáneres o agrupaciones de escáneres láser S, que en su conjunto cubren todas las líneas perimetrales L;

40

- unos medios de selección automáticos, que en el ejemplo de realización ilustrado se encuentran implementados en el sistema electrónico SE, en conexión con los medios de detección, con acceso a las

imágenes registradas, y configurados para seleccionar automáticamente, en respuesta a la detección aproximada, una o más de las imágenes registradas, incluyendo la imagen correspondiente al mismo punto temporal asociado a la detección aproximada y que incluye el área donde se ha producido el bote;

- unos medios de visualización V para mostrar la imagen seleccionada para permitir su análisis juzgándola visualmente; y

- unos medios de análisis, que en el ejemplo de realización ilustrado se encuentran implementados en el sistema electrónico SE, y que están configurados para analizar automáticamente la imagen o imágenes seleccionadas.

En la representación esquemática de la Fig. 1 no se han ilustrado las conexiones existentes entre los diferentes medios del sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, ya sea porque éstas son inalámbricas o con el fin de proporcionar una mayor claridad en la ilustración. Debe entenderse que cualquier tipo de conexión entre tales medios es posible.

Debe entenderse que las cámaras C están representadas esquemáticamente para mayor claridad. De hecho, en particular con respecto a las cámaras C dispuestas a cada lado de la red central N, adyacentes a la misma, éstas no solapan una porción de las líneas L tal como podría entenderse por la representación esquemática de las mismas, sino que son de un tamaño y / o están dispuestas para que su área de cobertura también incluya las porciones de la línea perimetral adyacente al lado de la red central N respectivo.

Alternativamente, se puede prescindir de la disposición de las cámaras adyacentes a la red N, y en lugar de ello se puede usar una o las cámaras C dispuestas en un lado de la pista, pero a una distancia de la red N, cuyo ángulo de visión permite capturar imágenes que están detrás de la red N (a través, por ejemplo, de una porción translúcida de la misma), en particular imágenes de las líneas perimetrales L del otro lado de la pista.

De acuerdo con una realización preferida, uno o preferiblemente cada uno de los rectángulos C no representan solamente una cámara sino varias cámaras, por ejemplo cuatro, apiladas una sobre la otra y con diferentes ángulos de visión para cubrir las diferentes secciones de la misma línea perimetral L.

En cuanto a los escáneres S, éstos están preferiblemente dispuestos a diferentes alturas para detectar diferentes tipos de objetos, incluyendo algunos a una altura considerada adecuada para detectar a los jugadores.

La representación esquemática de la Fig. 1, no muestra las conexiones existentes entre los diferentes medios del sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, ya sea porque son inalámbricas o para proporcionar una mayor claridad en la ilustración. Debe entenderse que cualquier tipo de conexión entre estos medios es posible.

Asimismo, aunque en la Fig. 1 solamente se ha representado, de manera esquemática, un sistema electrónico SE, para otros ejemplos de realización, no ilustrados, el sistema del segundo aspecto de la invención comprende la inclusión en uno o más sistemas electrónicos de uno o más de los medios de registro de imágenes, de selección y de análisis indicados, así como de unos medios de control de los escáneres láser L y cámaras C.

En la Fig. 1 también se ha ilustrado una pantalla a modo de medios de visualización V, en la cual se muestra una escena donde la pelota de tenis B aparece deformada al botar sobre una línea perimetral L, siendo dicha imagen, si corresponde a la de máxima deformación de la pelota B, la que se analizará automáticamente y/o mostrará al jugador o juez en dicha pantalla V para su inspección visual.

Para un ejemplo de realización preferido, cada uno de los elementos indicados con la referencia S en la Fig. 1, incluye tres escáneres láser, tal y como se ilustra en la Fig. 2, uno de ellos S1 dispuesto al nivel del suelo (o muy próximo al mismo), o primer nivel, y los otros dos S2, S3 dispuestos a cierta altura del primero, o segundo

nivel, aproximadamente a unos 80 cm el escáner S2 y 90 cm el escáner S3 (aunque estas alturas pueden ser otras para otros ejemplos de realización).

En la Fig. 2 se ilustra la trayectoria que sigue una pelota de tenis B hasta que bota (desplazándose según la flecha D1) sobre una de las líneas perimetrales L, y desde que bota (desplazándose según la flecha D2) en la misma, habiéndose ilustrado a la pelota con línea continua en el momento del bote y con línea discontinua durante el resto de sus trayectorias hacia y desde el bote.

Siguiendo con la descripción de la Fig. 2, durante la trayectoria de la pelota B hacia el bote, ésta es primero detectada por el escáner láser S3 e inmediatamente después por S2, considerándose tales detecciones consecutivas como representativas del paso de un objeto en movimiento, el cual el sistema de detección y reconocimiento identifica como pelota de tenis (según se ha explicado en un apartado anterior). Estos escáneres S2 y S3 operan, según un ejemplo de realización, a una velocidad de escaneo de 100 MHz, y permiten predefinir una primera zona o pre-zona aproximada por donde caerá la pelota B con unas dimensiones, en planta, del orden de unos 50 cm.

Siguiendo con la trayectoria D1, la pelota de tenis B entra finalmente en el área de cobertura del escáner S1, el cual, según un ejemplo de realización, opera a unos 50 MHz, lo que, teniendo en cuenta la velocidad media a la que suele ir la pelota B, permite que S1 realice en torno a dos o tres detecciones de ésta (la anteriormente denominada detección aproximada), en el momento del bote y/o justo antes y/o justo después, dentro de un área aproximada de como máximo 15 cm, que si bien es relativamente pequeña no permite asegurar si el bote se ha producido sobre la línea perimetral L o no, por lo que esta detección aproximada se utiliza, como ya se ha explicado anteriormente, para seleccionar, para el mismo o mismos momentos temporales, la imagen o imágenes capturadas por las cámaras.

Tal y como se ha explicado en un apartado anterior, la mencionada predefinición de la zona en que va a botar la pelota B puede utilizarse para seleccionar y, si es necesario, activar la cámara mejor posicionada para cubrir tal zona, y por tanto hacer ya con ella un micro foco mecánico si hace falta para ser mucho más precisos y rápidos en la respuesta final, es decir en el resultado del análisis de si la pelota B ha botado dentro o fuera de la zona de juego.

Toda estas acciones pasan en milisegundos y el tiempo es crucial para poder activar la cámara y enfoque mecánico sobre la zona de bote, si es necesario, y para, por tanto, poder realizar el análisis de la imagen escogida casi en tiempo real con la máxima definición sin tener que utilizar mega-cámaras, es decir las muy costosas cámaras del sistema de "ojo de halcón".

El escáner S1, en sus diversas detecciones, antes del bote, durante el bote y justo después, proporciona la zona aproximada de bote de manera mucho más precisa que la zona predefinida por S2 y S3, pero sobre todo da información sobre el momento del bote y los momentos adyacentes que posibilitan optimizar el sistema y su elección para poder trabajar casi en tiempo real con la información de la cámara de alta velocidad seleccionada, pudiéndose tener, gracias al foco mecánico, errores máximos de medio milímetro contra los 3 mm del sistema de "ojo de halcón".

La Fig. 3 muestra el sistema propuesto por el segundo aspecto de la invención, incorporando los mismos elementos que el sistema ilustrado en la Fig. 1, pero aplicado a la detección del bote de la pelota de tenis B sobre algunas dianas A1-A8 distribuidos por toda la pista, dentro de las zonas de juego, en particular han sido ilustrados dentro de las zonas Z1 a Z6, o incluso dentro de dos zonas, como es el caso del objetivo A4 con respecto a las zonas Z4 y Z6. Obviamente, la ilustración es solamente esquemática, y un único objetivo móvil puede ser usado desde diferentes posiciones.

Según una realización, las dianas A1-A8 no serán visibles en la propia pista de tenis, sino que serán dianas virtuales (o un único objetivo móvil que ocupa las diferentes posiciones ilustradas) visible en una pantalla que los muestra en relación a la pista de tenis, es decir para mostrar, por ejemplo, una pista de tenis con las dianas como se muestra en la Fig. 3, o una parte de los mismos (por ejemplo los dispuestos en el lado donde el jugador debería apuntar la pelota).

Además, aunque la Fig. 1 represente solamente esquemáticamente un sistema electrónico SE, para otras realizaciones, no ilustradas, el sistema del segundo aspecto de la invención comprende la inclusión en uno o más sistemas electrónicos de uno más de los mencionados medios de registro, selección y análisis de imágenes así como de medios de control para los escáneres láser L y las cámaras C.

La Fig. 3 muestra también el sistema electrónico SE y una pantalla como un medio de visualización V, que muestra una escena en la que la pelota de tenis B aparece deformada al botar sobre uno de las dianas, concretamente sobre el objetivo A1, que será la imagen que será analizada automáticamente y / o mostrada al jugador o árbitro en dicha pantalla V para su inspección visual.

Las realizaciones descritas con referencia a la Fig.1 son también válidas para describir realizaciones análogas con referencia a la Fig. 3, simplemente cambiando el componente sobre el cual se produce el bote de la pelota B, que en la Fig. 1 es la línea perimetral L y en la Fig. 3 es el objetivo A1-A8 (obviamente lo mismo puede decirse para otro tipo de componente que no sea la línea perimetral L o las dianas A1-A8).

Un experto en la materia podría introducir cambios y modificaciones en los ejemplos de realización descritos sin salirse del alcance de la invención según está definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego, o con un componente situado próximo en dicho campo de juego o próximo a dicho campo de juego, estando dicho campo de juego formado por zonas de juego (Z1-Z10), donde el método comprende:
 - a) adquirir una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a al menos parte de al menos dicho componente;
 - b) realizar una detección aproximada del impacto de un elemento esférico con dicho componente o próximo al mismo;
 - c) seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen, de dicha secuencia de imágenes, adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho impacto; y
 - d) analizar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para comprobar si el elemento esférico ha impactado realmente o no con dicho componente;
- donde el método está **caracterizado** porque comprende:
 - realizar dicha detección aproximada con un sistema de detección y reconocimiento de objetos de tipo tridimensional que permite discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico; y
 - realizar, antes de dicha detección aproximada de la etapa b) una predetección del paso del elemento esférico a través de al menos dos puntos situados a diferentes alturas, y basándose en dicha predetección, realizar una predicción de la trayectoria a seguir por el elemento esférico hacia el suelo del campo de juego y una pre-determinación o predefinición de un área aproximada donde el impacto o bote va a ocurrir, en la que dicha predetección se realiza utilizando al menos dos dispositivos de detección de dicho sistema de detección del objeto de tipo tridimensional y del sistema de reconocimiento situados a diferentes alturas, ambas superiores al primer dispositivo de detección.
- 2.- Método según la reivindicación 1, en el que el sistema de detección y reconocimiento de objetos de tipo tridimensional comprende dispositivos de detección que son escáneres láser y el método comprende realizar dicho discernimiento automático utilizando dichos escáneres láser para obtener información de distancia, con respecto a dichos escáneres láser, desde cada punto de contacto de los haces de láser emitidos por los escáneres láser con el objeto detectado, y basándose en dicha información de distancia obtenida para un grupo de puntos de contacto.
- 3.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque está previsto para juzgar si un elemento esférico bota dentro o fuera de dichas zonas de juego (Z1-Z10), donde las zonas de juego (Z1-Z10) están delimitadas por unas líneas perimetrales (L), donde:
 - dicha etapa a) comprende adquirir una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a al menos parte de al menos una de dichas líneas perimetrales (L);
 - dicha etapa b) comprende realizar una detección aproximada de un bote de un elemento esférico sobre una de dichas líneas perimetrales (L) o próximo a la misma, dicha línea perimetral (L) constituyendo dicho componente de dicho campo de juego, y dicho bote constituyendo dicho impacto;
 - dicha etapa c) comprende seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho bote; y

dicha etapa d) comprende analizar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no sobre la línea perimetral (L), con el fin de juzgar si el elemento esférico ha botado dentro o fuera de la zona de juego delimitada por dicha línea perimetral (L) de la etapa b), realizándose la etapa d) a petición de un jugador o árbitro o automáticamente tras la selección de la etapa c).

4.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho elemento del campo de juego es una diana (A1-A8) dispuesta dentro de al menos una de dichas zonas de juego (Z1-Z10), las cuales están delimitadas por unas líneas perimetrales (L), donde:

dicha etapa a) comprende adquirir una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a al menos parte de al menos dicha diana (A1-A8);

dicha etapa b) comprende realizar una detección aproximada de un bote de un elemento esférico sobre dicha diana (A1-A8), que es al menos una, o próximo a la misma;

dicha etapa c) comprende seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho bote; y

dicha etapa d) comprende analizar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para comprobar si el elemento esférico ha botado realmente o no sobre la diana (A1-A8) de la etapa b), realizándose la etapa d) a petición de un jugador o árbitro o automáticamente tras la selección de la etapa c).

5.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha detección aproximada de la etapa b) comprende realizar al menos dos detecciones que incluyen al menos un momento en que se produce dicho impacto o bote y/o al menos un momento inmediatamente anterior al impacto o bote y/o al menos un momento inmediatamente posterior al impacto o bote, utilizándose en dicha etapa c), como punto temporal para la selección automática de dicha imagen, que es al menos una, al menos uno de los puntos temporales de dichas detecciones, que son al menos dos.

6.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha etapa d) comprende mostrar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, en unos medios de visualización para permitir realizar dicho análisis de la misma juzgándola visualmente o como complemento a dicho análisis.

7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque: dicha etapa c) comprende seleccionar una pluralidad de imágenes, dispuestas en secuencia, que incluyen la imagen adquirida para el mismo punto temporal que la detección aproximada y las imágenes para puntos temporales antes y después de ese punto; y dicha etapa d) comprende una reproducción de video que incluye dicha pluralidad de imágenes, en cámara lenta hacia delante y / o hacia atrás y / o pausadas con el fin de realizar el juicio visual mencionado anteriormente.

8.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores cuando dependen de la 3 o de la 4, caracterizado porque comprende llevar a cabo dicha etapa a) mediante una pluralidad de cámaras de alta velocidad (C) cubriendo los diferentes componentes de dicho campo de juego o dispuestos en o próximos al mismo, desde diferentes lados de los mismos, y/o los diferentes tramos de líneas perimetrales (L) desde ambos lados y/o extremos de las mismas y/o todas las dianas (A1-A8) desde diferentes lados de las mismas.

9.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la utilización de dicha predefinición de dicha zona aproximada en la que se producirá el bote para activar y / o controlar una o más cámaras de alta velocidad cuya área de cobertura incluya la zona aproximada predefinida.

10- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho elemento esférico es una pelota de tenis (B) y dicho campo de juego es una pista de tenis, siendo dichas zonas de juego (Z1 - Z10) las diferentes zonas rectangulares de dicha pista de tenis.

5 11.- Método según la reivindicación 4 o cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10 cuando dependen de la reivindicación 4, caracterizado porque dicha por lo menos una diana (A1 - A8) está constituida por una subzona de al menos una de las zonas de juego (Z1 - Z2) y está marcada físicamente o prácticamente en el suelo, proyectada sobre el suelo o sobre medios de visualización visibles para el jugador, y porque comprende:

10 modificar la forma, el tamaño y / o la posición de dicha diana (A1-A8), con referencia al campo de juego, y realizar las etapas a) hasta d) para detectar si el elemento esférico ha botado sobre la diana modificada (A1 -A8); o

después de dicha etapa d), seleccionar otra diana (A1 - A8) y realizar los pasos a) hasta d) para detectar si el elemento esférico ha botado o no sobre dicha otra diana (A1 - A8).

12.- Método según la reivindicación 3, caracterizado porque:

15 dicho elemento esférico es una pelota de tenis (B) y dicho campo de juego es una pista de tenis, con dichas zonas de juego (Z1-Z10) siendo las diferentes zonas rectangulares de dicho campo de juego;

comprendiendo el método seleccionar como líneas perimetrales (L) donde comprobar si la pelota de tenis (B) ha botado realmente o no, lo siguiente:

20 - aquellos que demarcan una zona de saque respectiva (Z2-Z3, Z4-Z5) a la que un jugador sacará o ha sacado, para juzgar si la pelota de tenis bota dentro o fuera de la zona de saque (Z2-Z3, Z4-Z5); o

- aquellos que demarcan la zona total de juego para un partido individual o de dobles durante el rally después del servicio; y

25 en que comprende recibir información sobre si, después del servicio, la pelota de tenis (B) ha tocado o no la red (N), y basándose en esta información, después de juzgar si la pelota de tenis (B) bota dentro o fuera de la zona de saque, generar una señal que indica que:

- el saque debe repetirse, si la pelota (B) ha botado dentro de la zona de saque pero después de tocar la red, o

- el saque no debe repetirse, si la pelota (B) ha botado fuera de la zona de saque después de tocar la red (N).

30 13.- Sistema para determinar si un elemento esférico impacta con un componente de un campo de juego, o con un componente situado próximo en dicho campo de juego o próximo a dicho campo de juego, estando dicho campo de juego formado por unas zonas de juego (Z1-Z10), donde el sistema comprende:

35 - unos medios de adquisición y registro de imágenes configurados y dispuestos para adquirir y registrar una secuencia de imágenes de al menos un área de vigilancia de dicho campo de juego que cubre a al menos parte de dicho componente;

- unos medios de detección configurados y dispuestos para realizar una detección aproximada de un impacto de un elemento esférico con dicho componente o próximo al mismo;

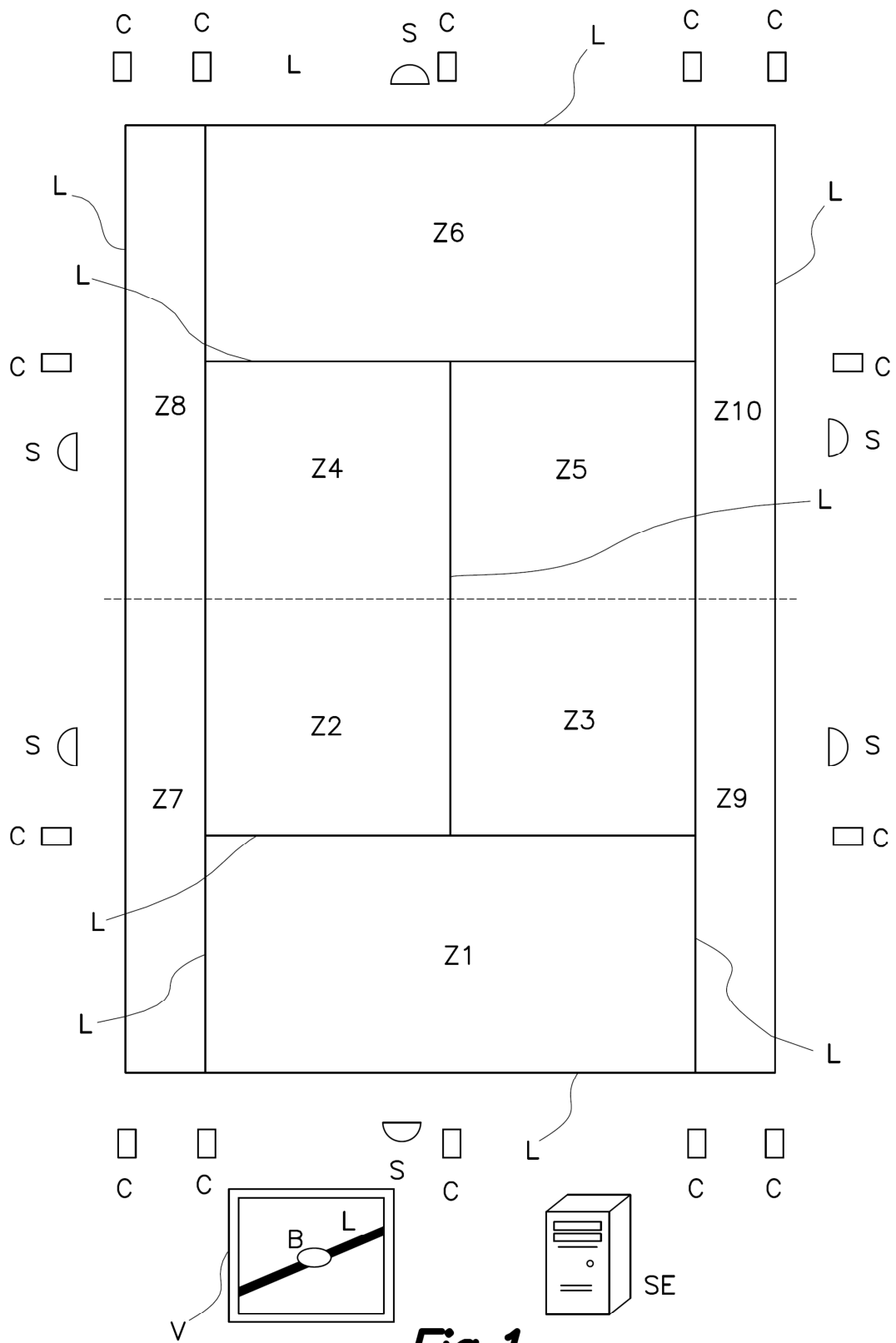
40 - unos medios de selección automáticos en conexión con dichos medios de detección, con acceso a dichas imágenes registradas, y configurados para seleccionar automáticamente, en respuesta a dicha detección aproximada, al menos una imagen de dicha secuencia de imágenes adquirida para el mismo punto temporal y que incluye el área donde se ha producido dicho impacto; y

- unos medios de visualización (V) y/o análisis configurados para, respectivamente, mostrar dicha imagen seleccionada, que es al menos una, para permitir su análisis juzgándola visualmente, y/o para

analizarla automáticamente, para comprobar si el elemento esférico ha impactado realmente o no con dicho componente;

estando el sistema **caracterizado** porque:

- dichos medios de detección comprenden un sistema de detección y reconocimiento de objetos de tipo tridimensional que permite discernir de manera automática cuándo el objeto detectado es realmente un elemento esférico, en el que dicho sistema de detección y reconocimiento de objetos de tipo tridimensional comprende, para realizar la detección aproximada anteriormente mencionada incluye:
 - un primer dispositivo de detección dispuesto a nivel del suelo o próximo a él, con su campo de cobertura incluyendo al menos una parte del componente y / o de la línea perimetral (L) y / o de la diana (A1-A8), sobre o cerca la que se produce dicho impacto o bote; y
 - al menos un segundo y un tercer dispositivos de detección situados en dos puntos respectivos a diferentes alturas, ambos superiores al primer dispositivo de detección, dispuestos y configurados para detectar el paso de un elemento en movimiento a través de al menos dos puntos situados a diferentes alturas, y el sistema de reconocimiento está configurado para realizar, basándose en la detección del paso a través de dichos dos puntos, una predicción de la trayectoria a seguir por el elemento en movimiento y para discernir si es o no es un elemento esférico.
- 14.- Sistema según la reivindicación 13, caracterizado porque dicho sistema de detección y reconocimiento de objetos de tipo tridimensional incluye al menos un sistema de escáner tridimensional, activo o pasivo, que incluye un sistema de escáner láser activo (S).
- 15.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14, caracterizado porque dichos medios para adquirir y registrar imágenes comprenden una pluralidad de cámaras de alta velocidad (C) dispuestas a nivel del suelo o sustancialmente a nivel del suelo de manera que sus áreas de cobertura abarquen los diversos componentes del campo de juego, o dispuestas en o cerca de los mismos, desde diferentes lados de los componentes y / o las diferentes secciones de las líneas perimetrales (L) desde ambos lados y / o extremos de los mismos y / o todas las dianas (A1-A8) desde diferentes lados de la misma.
- 16.- Sistema según la reivindicación 15, caracterizado porque al menos una de dichas cámaras de alta velocidad (C) u otra cámara de los medios para adquirir y registrar imágenes es móvil y en el que el sistema comprende un robot móvil que lleva dicha al menos una cámara móvil, y que incluye un sistema de supervisión, seguimiento y predicción que le hace consciente de las circunstancias del juego, incluyendo la posición en todo momento de los jugadores y del elemento esférico, y que predice, calculando, donde el elemento esférico va a impactar o botar, haciendo que el robot sea adecuado para, basándose en tal conocimiento y predicción, encontrar el mejor ángulo de captura de la cámara móvil y moviéndose en la dirección del área donde se espera que el elemento esférico bote.
- 17.- Sistema según la reivindicación 15, en el que dicho elemento esférico es una pelota de tenis (B) y dicho campo de juego es una pista de tenis, siendo dichas zonas de juego (Z1 - Z10) las diferentes zonas rectangulares de dicha pista de tenis, en donde una o más cámaras (C) están dispuestas a ambos lados de la red central (N) pero a una distancia de la misma, no adyacente a la red central (N), en la que dicha red central (N) tiene una porción translúcida y en la que la una o más cámaras (C) están dispuestas de manera que tienen un ángulo de visión a través de dicha porción translúcida de la red central (N) que permite capturar imágenes que están detrás de la red central (N).



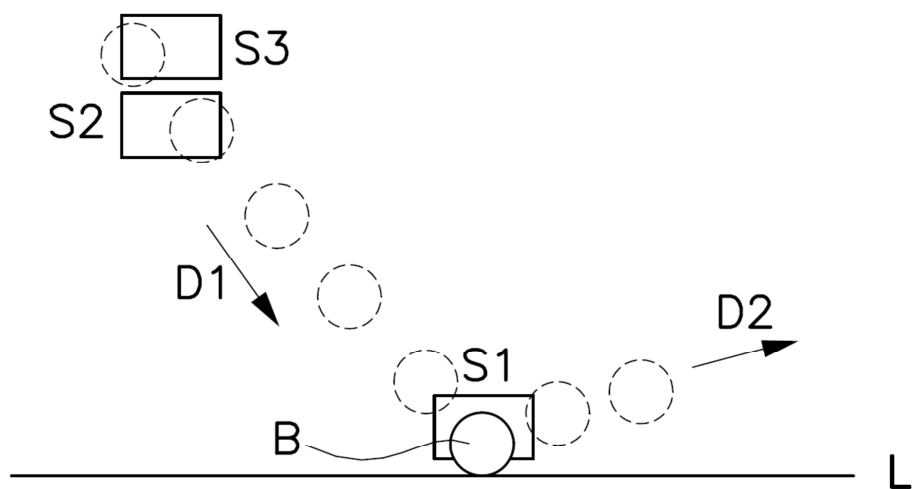


Fig.2

