

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 067**

51 Int. Cl.:

A63F 13/216 (2014.01)

A63F 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2016 PCT/US2016/061162**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2017 WO17083407**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2016 E 16864926 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3365085**

54 Título: **Sistema de localización y seguimiento de eventos para juegos deportivos**

30 Prioridad:

10.11.2015 US 201562253554 P

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

22.03.2021

73 Titular/es:

SHOTTRACKER, INC. (100.0%)

7220 W. Frontage Road

Merriam KS 66203, US

72 Inventor/es:

IANNI, BRUCE C.;

ROSS, DAVYEON D.;

KAHLER, CLINT A. y

KEELEY, THOMAS J.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 813 067 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

Sistema de localización y seguimiento de eventos para juegos deportivos

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a juegos deportivos, y más en particular a un sistema que utiliza sensores remotos para efectuar el seguimiento de varios objetos en el espacio (por ejemplo, jugadores, balones, metas, etc.) e identificar en "tiempo real" uno o más eventos relacionados con el juego a medida que ocurren.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Para la mayoría, si no para todas, las actividades deportivas, la revisión y el análisis detallados de cómo se está actuando un jugador individual y/o un equipo de jugadores es crucial para mejorar el rendimiento. Por lo tanto, son deseables herramientas que mejoren la capacidad para identificar y analizar varios eventos que ocurren en un campo de juego (por ejemplo, una cancha de baloncesto, una pista de hockey, etc.). Además, puede ser difícil para algunos aficionados de un deporte de ritmo rápido, tal como el baloncesto, ver claramente todo lo que está sucediendo a la vez, puesto que los juegos pueden tener muchos jugadores y el balón (un "objeto del juego") que se mueven todos ellos de manera simultánea. Por lo tanto, en la medida en que la acción de un evento deportivo pueda ser supervisada y analizada, con los resultados de ese análisis mostrándose para que los aficionados (e incluso entrenadores) los vean, el disfrute de un juego por parte de los aficionados se puede mejorar de manera considerable mediante sistemas y dispositivos que supervisar, rastrean y/o registran automáticamente la ubicación y el movimiento de jugadores y objetos en el campo de juego, así como la ocurrencia de ciertos eventos relacionados con el juego. El documento US8786415 da a conocer un sistema para efectuar el seguimiento a múltiples jugadores en movimiento en un juego.

25

SUMARIO DE LA INVENCION

Las formas de realización de una instalación de conformidad con la invención presentan un sistema de localización y seguimiento de eventos que incluye anclajes y etiquetas habilitadas por radio en un campo de juego, por ejemplo, una cancha de baloncesto. Se adjuntan etiquetas a los jugadores y a los balones u otros objetos del juego. El sistema determina y evalúa la ubicación en el espacio de cada una de las etiquetas. El sistema evalúa la proximidad de los jugadores y las etiquetas asociadas con los objetos del juego para evaluar si un jugador determinado está en posesión del objeto del juego. Si la etiqueta del objeto del juego no está lo suficientemente próxima a un jugador para que el jugador esté en posesión del objeto, entonces se evalúa la posición del objeto del juego con el fin de determinar si está en un área de la zona de marcación, que es un área predefinida y limitada en el espacio que rodea la meta real (por ejemplo, un aro de baloncesto en el caso del baloncesto). Si es así, y si el objeto del juego ha estado dentro de una zona de intento (es decir, una sub-área dentro del área de la zona de marcación), entonces el sistema determina si se ha marcado en una meta de marcación evaluando si el objeto del juego pasó en orden a través de varias sub-áreas antes, en y después del meta real. De esta manera, se mejora la precisión de la determinación de si se ha marcado en una meta de marcación.

40

En el contexto de la invención, la sub-área antes de la meta real es la zona del espacio inmediatamente anterior a la meta real, es decir, por encima del aro de baloncesto o delante de la meta de fútbol o hockey. Dicho de otro modo, es un área del espacio por la que debe pasar el objeto del juego para entrar en la meta de marcación, y puede extenderse hasta el plano de la meta de marcación. La sub-área en la meta real es un área en el espacio que puede ser coextensiva con el espacio ocupado por la meta real, o puede ser un poco más ancha que la meta real (tomada en una dirección ortogonal al plano de la meta). La sub-área después de la meta real es un área en el espacio que sigue la sub-área en la meta, tomada en la dirección ortogonal al plano de la meta y siguiendo la sub-área en la meta en el sentido de que un objeto del juego pasará a través de la sub-área después de la meta una vez que el objeto del juego haya pasado por la sub-área en la meta (en términos de progresión en el tiempo). Por lo tanto, para el baloncesto, la sub-área después de la meta de marcación estará debajo del aro, mientras que estará detrás de los postes rectangulares de la meta de marcación para el hockey o el fútbol.

45

Por tanto, en un aspecto, la invención presenta un método con el fin de determinar que un jugador ha marcado en una meta de marcación en una actividad deportiva. Cada uno de los jugadores que participan en la actividad deportiva tiene una etiqueta de jugador identificable a distancia asociada con el o ella mismo/a, por ejemplo, que se utiliza en su cuerpo, y un objeto del juego, tal como un balón de baloncesto, tiene una etiqueta de objeto identificable a distancia que le está asociada. El método incluye identificar la posición en el espacio tridimensional de cada uno de los jugadores y el objeto del juego por medio de sus etiquetas asociadas; y utilizar las posiciones identificadas de los jugadores y del objeto del juego para evaluar la proximidad del objeto del juego a los jugadores con el fin de evaluar si alguno de los jugadores está en posesión del objeto del juego. Si ningún jugador está lo suficientemente próximo del objeto del juego como para estar en posesión del objeto del juego, entonces el sistema determina, a continuación, si el objeto del juego está en un área de zona de marcación. El área de la zona de marcación es un área limitada y predefinida en el espacio que rodea a la meta. Si se determina que el objeto del juego está en el área de la zona de marcación, entonces el sistema evalúa si el objeto del juego estaba previamente dentro de una zona de intento. La zona de intento es un área más pequeña, predefinida y limitada en el espacio dentro del área de la zona de marcación, que también

60

65

rodea la meta. Si se determina que el objeto del juego está en el área de la zona de marcación y que ha estado previamente dentro de la zona de intento, entonces el sistema determina si el objeto del juego pasó en orden a través de una serie de sub-áreas discretas predefinidas antes, en y después de la meta real, ya que estas sub-áreas se explican con anterioridad. Si es así, se puede indicar el hecho de que un jugador ha marcado en una meta de marcación.

En las formas de realización de la idea inventiva, se indica que el último jugador que ha estado en posesión del objeto del juego es el jugador indicado como siendo el jugador que ha marcado el punto. Además, un área en el espacio que rodea a un jugador potencial en posesión del objeto del juego se puede utilizar para evaluar la proximidad del objeto del juego a los jugadores para evaluar si alguno de los jugadores ha obtenido ocasionalmente posesión del objeto del juego, con otra área mayor en el espacio que rodea a un jugador que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego que se utiliza para evaluar la proximidad del objeto del juego al jugador que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego, para fines de evaluar si el jugador que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego todavía está en posesión de dicho objeto del juego. El área mayor en el espacio puede ser más grande en términos de distancia horizontal dentro de la cual se determina que existe la posesión; la distancia vertical dentro de la cual se determina que existe la posesión; o ambas a la vez.

Además, en formas de realización de la idea inventiva, la evaluación de si alguno de los jugadores está en posesión del objeto del juego puede incluir evaluar cuánto tiempo el objeto del juego está dentro de un área predefinida en el espacio alrededor de un jugador que ha sido identificado como ocasionalmente en posesión del objeto del juego; puede basarse en identificar al jugador que está más cerca del objeto del juego como el jugador que está (ocasionalmente) en posesión del objeto del juego; y puede incluir asegurarse de que el objeto del juego esté ubicado a menos de las distancias verticales y/o horizontales predefinidas del jugador para que la posesión del objeto del juego no sea posible.

En el caso de que haya múltiples metas en el campo de juego, las formas de realización del método pueden incluir evaluar si el objeto del juego está en un área de la zona de marcación que rodea cada una de las metas, para identificar la zona de marcación particular que debería ser evaluada con el fin de determinar si se ha logrado una marcación en la meta.

En otro aspecto, la invención presenta un sistema para seguimiento de jugadores y un objeto del juego en un campo de juego y con el fin de determinar si se ha marcado en una meta. El sistema incluye una pluralidad de etiquetas de jugador y una etiqueta de objeto, así como una pluralidad de sensores que pueden detectar a distancia las etiquetas de jugador y la etiqueta del objeto. El sistema incluye, además, un dispositivo informático que tiene un procesador e instrucciones de programa no transitorias contenidas en su memoria del ordenador. Las instrucciones del programa están configuradas para ejecutar las etapas del método descritas con anterioridad, con formas de realización específicas del sistema que pone en práctica las diversas etapas del método antes descritas con respecto a formas de realización específicas de la idea inventiva.

El método y el sistema de la invención permiten un seguimiento inalámbrico muy preciso de la ubicación de jugadores y balones u otros objetos de juego en un campo de juego, con una determinación muy precisa de si un jugador ha marcado en una meta. Lo que antecede mejora la capacidad de los jugadores y/o entrenadores para supervisar y evaluar los rendimientos de los jugadores, así como el disfrute de los aficionados que puedan estar viendo jugar a los jugadores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estas y otras características de la invención resultarán más claras a partir de la descripción detallada siguiente, así como de los dibujos, en los que:

Las Figuras 1A y 1B son una vista en planta esquemática y en una vista lateral, respectivamente, que ilustran una instalación de localización y seguimiento de eventos (en una cancha de baloncesto) para la puesta en práctica de la invención;

La Figura 2 es un diagrama que ilustra los parámetros de una estructura de datos orientada al objeto que representa una cancha de baloncesto de conformidad con la invención;

La Figura 3 es una vista lateral que ilustra varias zonas alrededor de un aro de baloncesto de conformidad con la invención;

La Figura 4 es un diagrama que ilustra los parámetros de una estructura de datos orientada al objeto que representa a un jugador de baloncesto de conformidad con la invención;

La Figura 5 es un diagrama que ilustra los parámetros de una estructura de datos orientada al objeto que representa un balón de baloncesto de conformidad con la invención;

La Figura 6 es un diagrama de flujo de alto nivel que ilustra el procesamiento de datos de ubicación de etiquetas de conformidad con la invención;

5 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de datos de ubicación de etiquetas que está asociado con un jugador de conformidad con la invención;

Las Figuras 8A y 8B son un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de datos de ubicación de etiquetas que están asociadas con un balón de conformidad con la invención;

10 Las Figuras 9A y 9B son una vista lateral y una vista en planta, respectivamente, que ilustran una zona de adquisición de posesión de balón y una zona de retención-posesión de balón alrededor de un jugador;

La Figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de datos de ubicación de etiqueta asociados con un balón, para identificar a un jugador en posesión del balón, de conformidad con la invención;

15 Las Figuras 11 y 12 son diagramas de flujo que ilustran el procesamiento de datos de ubicación de etiquetas que están asociados con un balón, para identificar intentos de tiro y tiros con resultado satisfactorio, de conformidad con la invención;

20 La Figura 13 es un diagrama que representa la estructura de un bloque de división de tiempo para comunicaciones por radio que puede utilizarse en una puesta en práctica de la presente invención;

La Figura 14 es un diagrama de alto nivel que muestra el orden y la dirección de desplazamiento para la transmisión de paquetes en una transacción de alcance bidireccional entre nodos dentro de la red representada en las Figuras 1A y 1B;

25 Las Figuras 15A y 15B son diagramas de estado de alto nivel que ilustran los diversos estados y funciones para un nodo de etiqueta y un nodo de anclaje maestro ejecutados por una puesta en práctica de la presente invención;

30 La Figura 16 muestra un diagrama esquemático que ilustra parte de la información que podría transmitirse en cada tipo de paquete de transmisión de datos en una puesta en práctica de la presente invención; y

35 Las Figuras 17A y 17B son diagramas de flujo de alto nivel que ilustran algoritmos, a modo de ejemplo, para procesos de control de transmisión de datos llevados a cabo por un nodo de etiqueta y un nodo de anclaje maestro en una puesta en práctica, a modo de ejemplo, de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

40 En las Figuras 1A y 1B se ilustra una instalación 100 para poner en práctica la invención. La instalación 100 se pone en práctica, en este caso, en una instalación de baloncesto que tiene un área de juego (por ejemplo, una cancha de baloncesto 102) y una o más metas de marcación (por ejemplo, aros de baloncesto/canastas) $G_1, G_2, \dots G_n$ ubicado en varias posiciones alrededor de la cancha 102, aunque la invención también podría ponerse en práctica en relación con otros deportes tales como hockey, béisbol, fútbol, etc., donde las metas de marcación podrían ser la red de hockey, bases de béisbol, la línea de anotación de fútbol, etc.. Uno o más jugadores $P_1, P_2, \dots P_n$ participan en el evento deportivo, lo que podría implicar que múltiples jugadores actuaran al mismo tiempo, tal como se ilustra en la Figura 1A; solamente un jugador practicando solo, tal como se ilustra en la Figura 1B; o un juego real (no ilustrado).

50 Tal como se ilustra, de manera adicional, en las Figuras 1A y 1B, una serie de "anclajes" habilitados por radio de banda ultra ancha (UWB) están ubicados alrededor del área de juego. Los anclajes incluyen un anclaje A_M "maestro" y una serie de anclajes "esclavos" $A_{S1}, A_{S2}, \dots A_{Sn}$ colocados en múltiples ubicaciones alrededor del área de juego. Los diversos anclajes podrían ubicarse aproximadamente al mismo nivel que los jugadores, por ejemplo, montados en pilones o gradas que se apoyen en la cancha 102, o podrían ubicarse por encima del campo de juego, por ejemplo, en las vigas 104 en la instalación deportiva tal como se ilustra en la Figura 1B.

55 Además, cada uno de los jugadores $P_1, P_2, \dots P_n$ lleva una etiqueta habilitada por radio UWB denominada $T_1, T_2, \dots T_n$, respectivamente, y cada uno de los balones de baloncesto (denominados genéricamente como "objetos del juego") que se utiliza en la cancha en un momento dado tiene una etiqueta UWB habilitada por radio similar $B_1, B_2, \dots B_n$ ubicada en su interior o en una superficie de la misma. Los diversos anclajes se comunican bidireccionalmente con las diversas etiquetas y entre sí y, mediante una aplicación asociada de seguimiento de ubicación y eventos que se ejecuta en un ordenador conectado, dispositivo móvil (teléfono inteligente, tableta electrónica, ordenador portátil, etc.) o servidor remoto (es decir, un "dispositivo informático conectado") 106, el sistema es capaz de identificar la ubicación de cada una de las etiquetas en un espacio tridimensional. Por lo tanto, debido a que cada una de las etiquetas se asigna en el sistema a un jugador o a un balón, el sistema es capaz de determinar la ubicación en el espacio tridimensional de cada uno de los jugadores y de los balones.

65

Con respecto al dispositivo informático 106, se puede conectar al sistema de anclajes mediante una conexión Ethernet, una conexión USB, Wi-Fi, Internet o cualquier otro mecanismo adecuado que permita la transmisión de señales entre el dispositivo informático 106 y el sistema de anclajes. Además, en formas de realización alternativas, la aplicación de localización y seguimiento de eventos puede almacenarse y ejecutarse en uno de los diversos anclajes, por ejemplo, el anclaje maestro A_m .

Dicho sistema de anclajes y etiquetas podría ser, por ejemplo, un sistema DWUSB (<http://www.ciholas.com/dwusb>), que se puede configurar para utilizar señales radio de dos vías para supervisar y efectuar el seguimiento de la localización y desplazamientos de los diversos jugadores de baloncesto $P_1, P_2, \dots P_n$ y de los balones $B_1, B_2, \dots B_n$ en la cancha de baloncesto 102, y que está disponible comercialmente por Ciholas Inc. en Newburgh, Indiana. Además, hemos desarrollado aún más el sistema DWUSB para coordinar mejor las comunicaciones de datos entre las distintas etiquetas y anclajes del sistema. Los detalles de cómo lo hemos realizado se explican en la sección titulada "Coordinación de comunicaciones de datos entre etiquetas y anclajes", que se encuentra al final de esta descripción detallada.

El sistema de anclajes determina dónde se ubican las diversas etiquetas en relación con los diversos anclajes. Sin embargo, tal como se señaló con anterioridad, los anclajes se colocan en posiciones precisamente conocidas (es decir, supervisadas) en relación con el campo de juego. Por lo tanto, utilizando una transformación sencilla, el sistema, en particular, una aplicación de seguimiento que se ejecuta en el dispositivo informático conectado 106, es capaz de determinar dónde están las diversas etiquetas y, por lo tanto, los jugadores $P_1, P_2, \dots P_3$ y los balones $B_1, B_2, \dots B_3$, se encuentran en relación con el campo de juego.

La información pertinente sobre el campo de juego, los jugadores y los balones (es decir, los objetos del juego) se almacena en varias estructuras de datos orientadas al objeto 200, 400 y 500, tal como se ilustra en las Figuras 2, 4 y 5. De manera adecuada, las estructuras de datos 200, 400 y 500 están ubicadas en la memoria del dispositivo informático 106 en donde reside y se ejecuta la aplicación de localización y seguimiento de eventos. Sin embargo, es factible que las estructuras de datos 200, 400 y 500 estén ubicadas en otro lugar, p. ej., en un servidor remoto, con la aplicación recuperando datos desde, y almacenando datos en, las estructuras de datos, según sea necesario, mediante el establecimiento de conexiones remotas al servidor remoto utilizando redes y tecnologías bien conocidas en el campo de las redes informáticas.

Tal como se ilustra en la Figura 2, la estructura de datos orientada al objeto 200 representa el campo de juego, por ejemplo, la cancha de baloncesto. Para una cancha determinada, la estructura de datos 200 incluye un número de identificación 202 para la cancha, así como las coordenadas X e Y 204a, 204b, 206a, 206b, 208a, 208b, 210a y 210b para cada una de las cuatro esquinas de la cancha. Para simplificar el cálculo, puede ser deseable que una de las esquinas de la cancha tenga las coordenadas X e Y de 0,0, y que las esquinas restantes tengan las coordenadas X e Y de $X_{max}, 0$; X_{max}, Y_{max} ; y $0, Y_{max}$, que "coloca" todas las posiciones en la cancha en el primer cuadrante completamente positivo de un sistema de coordenadas cartesianas. De manera alternativa, la cancha podría configurarse en la estructura de datos 200 con el origen 0,0 ubicado en el medio de la cancha.

Además de las ubicaciones de las esquinas de la cancha, la estructura de datos de la cancha 200 incluye una matriz 212 de datos del aro. Para cada aro asociado con la cancha, la matriz 212 incluye un número de identificación de aro 214 junto con las coordenadas X, Y y Z del centro del aro en los campos de datos de ubicación 216, 218 y 220, respectivamente.

Además, la estructura de datos de la cancha 200 incluye datos para una serie de parámetros que definen varias áreas en el espacio que rodea cada uno de los aros, cuyos parámetros permiten que la aplicación de localización y seguimiento de eventos identifique intentos de canasta (metas); intentos de encestes que se han realizado satisfactoriamente; e intentos de encestes que no se han realizado satisfactoriamente, tal como se describe con más detalle a continuación. En particular, tal como se ilustra en la Figura 3, se definen varias áreas en el espacio alrededor, arriba y debajo del aro 302 (la Figura 3 muestra el aro 302 y la red 303 en perfil). Estas áreas en el espacio incluyen una zona de marcación global 304, que es un área cilíndrica que tiene un eje longitudinal central (no ilustrado) que pasa a través del centro XY del aro 302. El radio R de la zona de marcación 304 se establece en el campo de datos $ZONE_R_GOAL$ 224, y la extensión vertical (anchura) W de la zona de marcación 304 se establece en el campo de datos $ZONE_W_GOAL$ 226. (El tamaño y la geometría del área alrededor de la meta pueden variar según el deporte, por ejemplo, una meta de marcación de hockey es generalmente rectangular y puede ser configurada por los usuarios del sistema). Además, debido a que la zona de marcación 304 normalmente no está centrada verticalmente en relación con el aro 302, el límite superior 306 de la zona de marcación 304 se establece en el campo de datos $ZONE_GOAL_ZTOP$ 228, que es la localización vertical (es decir, eje Z) de la parte superior de la zona de marcación 304. Cuando se determina que un balón ha entrado en la zona de marcación 304, la aplicación de localización y seguimiento de eventos realiza una rutina que efectúa el seguimiento de la posición y de la trayectoria del balón a través del espacio con alta precisión con el fin de determinar si se ha realizado una canasta, según lo indicado más completamente a continuación.

Además de la zona de marcación 304, también se define una zona de intento 308, una zona de entrada de "acción" 310, una zona de "acción" 312 y una zona de salida de "acción" 314 que rodean, inmediatamente por encima,

inmediatamente en, e inmediatamente por debajo del aro 302, respectivamente, tal como se ilustra en la Figura 3. Al igual que la zona de marcación 304, la zona de intento 308 es un área cilíndrica que tiene un eje longitudinal central (no ilustrado) que pasa por el centro XY del aro 302. El radio R de la zona de intento 308 se establece en el campo de datos ZONE_R_ATTEMPT 230, y la extensión vertical (anchura) W de la zona de intento 308 se establece en el campo de datos ZONE_W_ATTEMPT 232. Además, debido a que la zona de intento 308 suele no estar centrada verticalmente con respecto al aro 302, el límite superior de la zona de intento 308 se establece en el campo de datos ZONE_ATTEMPT_ZTOP 234, que es la ubicación vertical (es decir, el eje Z) de la parte superior 309 de la zona de intento 308.

En cuanto a las zonas de entrada de acción, acción y salida de acción 310, 312 y 314, también son áreas cilíndricas, cada una de las cuales tiene un eje longitudinal central (no ilustrado) que pasa por el centro XY del aro 302. La zona de entrada de acción 310 "se asienta" inmediatamente por encima del aro 302, con su límite inferior coincidente con la posición vertical del aro 302 tal como se especifica en el campo de datos de ubicación del aro Z 220. La zona de entrada de acción 310 tiene un radio R, que es algo mayor que el radio del aro 302 que se establece en el campo de datos ZONE_R_MAKEENTRY 236 y una extensión vertical (anchura) W que se establece en el campo de datos ZONE_W_MAKEENTRY 238. La zona de acción 312 "se asienta" justo debajo del aro 302, con su límite superior coincidente con la posición vertical del aro 302 tal como se especifica en el campo de datos de ubicación del aro Z 220. La zona de acción 312 tiene un radio R, que es prácticamente el mismo que el radio del aro 302, que se establece en el campo de datos ZONE_R_MAKE 240 y una extensión vertical (anchura) W que se establece en el campo de datos ZONE_W_MAKE 242. La zona de salida de acción 314 "se asienta" justo debajo de la zona de acción 312, con su límite superior coincidente con el límite inferior de la zona de acción 312. La zona de salida de acción 314 tiene un radio R, que también es algo mayor que el radio del aro 302, que se establece en el campo de datos ZONE_R_MAKEEXIT 244 y una extensión vertical (anchura) W que se establece en el campo de datos ZONE_W_MAKEEXIT 246. (El radio de la zona de entrada de acción 310 y el radio de la zona de salida de acción 314 son mayores que el radio del aro 302/zona de acción 312 para tener en cuenta el hecho de que los balones entran y salen con frecuencia del aro 302 en un ángulo con respecto a la vertical.

Tal como se ilustra en la Figura 4, la estructura de datos orientada al objeto 400 incluye, para cada jugador que está en el campo de juego, un campo de datos ID de identificación del jugador 402. Tal como se indicó con anterioridad, cada jugador lleva una etiqueta de radio. Por tanto, los datos en el campo de datos de ID 402 son prácticamente un número de identificación de etiqueta para la etiqueta que lleva cada jugador. Además, la estructura de datos 400 incluye, para cada jugador en el campo de juego, información histórica en cuanto a la ubicación X del jugador en la matriz LOCATION_X_ARR (o memoria intermedia anular) 404; ubicación Y en la matriz LOCATION_Y_ARR (o memoria intermedia anular) 406; y la ubicación Z en la matriz LOCATION_Z_ARR (o memoria intermedia anular) 408. Tal como se describe con más detalle a continuación, los valores de ubicación X, Y y Z se introducen en sus respectivas matrices (o memorias intermedias) después de suavizar, por ejemplo, mediante un promedio de movimientos de 10 puntos. Los datos de fecha y hora correspondientes a la ubicación de cada jugador se almacenan en una matriz LOC_DATETIME_ARR 410.

Además, la estructura de datos 400 incluye campos relacionados con si un jugador dado está en posesión de un balón de baloncesto. (La determinación de este estado se aborda a continuación). En particular, el campo de datos BALL 412 contiene la información de identificación de etiqueta para un balón que se determina que está en posesión del jugador, tal como se indica a continuación, y el campo de datos POSSESS_TIME 414 contiene datos que indican el período de tiempo durante el cual el jugador está en posesión del balón o está ocasionalmente en posesión del balón (se explica más detalladamente a continuación). Además, el campo de datos CUR_LOC_INDEX 416 se utiliza para realizar un seguimiento de las ubicaciones de índice de la matriz a medida que se procesan los datos de ubicación del jugador, tal como se describe a continuación.

Tal como se ilustra en la Figura 5, la estructura de datos orientada al objeto 500 incluye, para cada balón que puede estar en el campo de juego, un campo de datos ID de identificación de balón 502. Tal como se señaló con anterioridad, cada balón tiene una etiqueta de radio en dicho balón o incorporada en su interior. Por tanto, los datos en el campo de datos ID 502 son prácticamente un número de identificación de etiqueta para la etiqueta que cada balón tiene asociada. Además, la estructura de datos 500 incluye, para cada balón en el campo de juego, información histórica en cuanto a la ubicación X del balón en la matriz LOCATION_X_ARR (o memoria intermedia anular) 504; ubicación Y en la matriz LOCATION_Y_ARR (o memoria intermedia anular) 506; y la ubicación Z en la matriz LOCATION_Z_ARR (o memoria intermedia anular) 508. Tal como se describe con más detalle a continuación, los valores de ubicación X, Y y Z se introducen en sus respectivas matrices (o memorias intermedias) después del suavizado, por ejemplo, mediante un promedio de movimientos de 10 puntos. Los datos de fecha y hora correspondientes a cada una de las ubicaciones del balón se almacenan en una matriz 510 LOC_DATETIME_ARR.

La estructura de datos 500 incluye, además, un campo de datos PLAYER 512, que identifica a un jugador particular en posesión del balón, así como un campo de datos de jugador anterior PREV_PLAYER 514 para realizar un seguimiento del jugador que tuvo la última posesión del balón. El campo de datos PREV_PLAYER 514 se utiliza porque ningún jugador estará en posesión del balón mientras se desplaza por el aire, por ejemplo, durante un intento de tiro o mientras se está realizando un pase, durante cuyo período de tiempo se borrará el campo de datos PLAYER 512 del jugador en posesión. Por lo tanto, mantener la información del jugador anterior en posesión en el campo de

datos PREV_PLAYER 514 permite al sistema realizar un seguimiento de quién realizó un tiro, quién pasó el balón al siguiente jugador o quién obtuvo un balón robado. Además, la estructura de datos 500 incluye un campo de datos del siguiente jugador NEXT_PLAYER 516, que identifica a un jugador que está lo suficientemente próximo del balón como para que se le asigne la posesión del balón una vez que se determine que está lo suficientemente próximo del balón por un tiempo mínimo de posesión requerido, tal como se explica más detalladamente a continuación.

Los campos adicionales en la estructura de datos 500 se refieren a la determinación de si se ha realizado un tiro de balón y, si es así, si el tiro se ha realizado satisfactoriamente. Estos campos incluyen un campo de datos IN_GOAL_ZONE 518, que incluye un indicador que señala si el balón ha entrado en la zona de marcación 306, y un campo de datos DATETIME_GOAL, que identifica cuándo entró el balón en la zona de marcación para fines de seguimiento histórico. Además, el campo de datos HOOP_ID 519 identifica el aro particular (por el identificador de aro 214) asociado con la zona de marcación en donde ha entrado el balón, si lo hubiere. El campo de datos IN_ATTEMPT_ZONE 522 incluye un indicador que señala si el balón ha entrado en la zona de intento 308, y el campo de datos IS_ATTEMPT 524 incluye un indicador que señala si el balón ha entrado en la zona de intento 308 en virtud de que se ha realizado realmente un tiro (es decir, haber intentado una canasta) en lugar de una casualidad. El campo de datos DATETIME_ATTEMPT 526 incluye información que identifica la fecha y la hora en que el balón entra en la zona de intento 308, para fines de seguimiento histórico.

Los campos de datos IN_MAKEENTRY_ZONE 528, IN_MAKE_ZONE 530 e IN_MAKEEXIT_ZONE 532 incluyen indicadores que señalan, respectivamente, si el balón está sucesivamente en la zona de entrada de acción 310, en la zona de acción 312 y en la zona de salida de acción 314. Si se determina que el balón ha pasado por las tres zonas (tal como se indica a continuación) y se concluye que un tiro se ha realizado satisfactoriamente, entonces se almacenará un indicador en el campo de datos IS_MAKE 534 indicándolo así, y la fecha y hora del lanzamiento se almacenará en el campo de datos DATETIME_MAKE 536 para fines de seguimiento histórico. Además, el campo de datos CUR_LOC_INDEX 538 se utiliza para realizar un seguimiento de las ubicaciones de índice de la matriz a medida que se procesan los datos de ubicación del balón, tal como se describe a continuación.

En general, la aplicación de localización y seguimiento de eventos preferiblemente realiza un seguimiento de las ubicaciones de los jugadores y de los balones en la cancha utilizando una frecuencia de muestreo de al menos 100 Hz, y también efectúa el seguimiento de los intentos de tiro de cada jugador, tiros realizados, posesiones del balón y otra información de movimiento para visualización en tiempo real y análisis a largo plazo. Este dato puede estar disponible para análisis a largo plazo y otro procesamiento y visualización de datos casi en tiempo real al guardar todos los datos en la nube informática, donde están disponibles para una gama mucho más amplia de dispositivos, incluyendo las aplicaciones basadas en los aficionados.

El funcionamiento de la aplicación de localización y seguimiento de eventos se ilustra en las Figuras 6-12. Tal como se ilustra en el diagrama de flujo de alto nivel 600 de la aplicación de localización y seguimiento de eventos que se muestra en la Figura 6, el proceso puesto en práctica por la aplicación comienza recibiendo las coordenadas X, Y y Z de todas las etiquetas asociadas con los jugadores y asociadas con el balón en el campo de juego, junto con los identificadores de etiqueta asociadas (S602). A continuación, la aplicación determina (en la etapa S604) si los datos recibidos para cada etiqueta representan un balón o un jugador comparando el ID de etiqueta recibido con los IDs de etiqueta previamente conocidos o configurados. Si la etiqueta está asociada con un jugador (ruta de resultados 608), el programa pasa los datos de ubicación a un módulo PROCESAR JUGADOR 610 para su procesamiento adicional tal como se describe en los dos párrafos siguientes e ilustrado por el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 7. Si la etiqueta está asociada con un balón (ruta de resultado 612), el programa pasa los datos de ubicación a un módulo PROCESAR BALON 614 para su procesamiento adicional, tal como se describe más adelante.

La Figura 7 contiene un diagrama de flujo 700, que ilustra el funcionamiento del módulo PROCESAR JUGADOR 610. Tal como se muestra en la Figura 7, el procesamiento del jugador comienza en la etapa S702 mediante la recuperación desde una matriz interna, en base al campo de datos de ID 402, el objeto que representa al jugador particular que se está analizando, con las ubicaciones X, Y y Z del jugador en cada punto en el tiempo se almacenan en la matriz LOCATION_X_ARR 404, en la matriz LOCATION_Y_ARR 406 y en la matriz LOCATION_Z_ARR 408, respectivamente. Para cada punto en el tiempo, el programa almacena un promedio de movimiento de diez puntos de datos utilizando los valores de ubicación X, Y y Z del jugador para el punto dado en el tiempo y los nueve puntos anteriores en el tiempo. Por lo tanto, el ciclo de suavizado con los puntos finales 704 y 706 se ejecuta diez veces, comenzando con el índice para el punto en el tiempo actual y "actuando hacia atrás", para sumar los valores de los datos de ubicación del jugador para el punto en el tiempo actual y los nueve puntos en el tiempo precedentes. El valor promediado para cada una de las ubicaciones X, Y y Z se determina dividiendo el valor sumado por diez (S708), y el valor promediado para cada una de las ubicaciones X, Y y Z del jugador se almacena (S710) entonces en memoria.

Por otro lado, si la información de ubicación recibida en la etapa S602 está asociada con un balón (ruta de resultado 612), entonces el programa pasa los datos de ubicación al módulo PROCESAR BALÓN 614 tal como se indicó con anterioridad. Según se ilustra en el diagrama de flujo 800 para el módulo PROCESAR BALON 614 (Figuras 8A y 8B), el procesamiento del balón comienza recuperando (S802) desde una matriz interna, sobre la base del campo de datos de ID 502, el objeto que representa el balón particular que se analiza, almacenándose las ubicaciones X, Y y Z del balón en cada punto en el tiempo en la matriz LOCATION_X_ARR 504, en la matriz LOCATION_Y_ARR 506 y en la

matriz LOCATION_Z_ARR 508, respectivamente. Para cada punto en el tiempo, el programa almacena un promedio de movimiento de diez puntos de datos utilizando los valores de ubicación X, Y y Z del balón para el punto en el tiempo dado y los nueve puntos en el tiempo precedentes. Por lo tanto, el ciclo de suavizado con los puntos finales 803 y 804 se ejecuta diez veces, comenzando con el índice para el punto en el tiempo actual y "actuando hacia atrás", para sumar los valores de los datos de ubicación del balón para el punto en el tiempo actual y los nueve puntos en el tiempo precedentes. El valor promediado para cada una de las ubicaciones X, Y y Z se determina dividiendo el valor sumado por diez (S806), y luego se almacena el valor promediado para cada una de las ubicaciones X, Y y Z del balón (S808).

A continuación, se evalúa el objeto del balón (S810) para constatar si ya ha sido asignado a un jugador comprobando si la propiedad del PLAYER 512 asociada con el objeto del balón tiene un valor. Si la propiedad del PLAYER 512 tiene un valor (ruta de resultado 812), esto indica que un jugador tiene posesión del balón o que acaba de tener posesión del balón (es decir, en la iteración anterior del ciclo general del programa) pero lo ha abandonado (por ejemplo, al pasar el balón, intentar hacer una canasta o que le hayan robado el balón). Por lo tanto, si un jugador es asignado al objeto de balón, el sistema verifica (S814) para constatar si el balón todavía está próximo del jugador asociado, con el fin de distinguir entre el jugador que todavía tiene la posesión del balón y el jugador que acaba de terminar la posesión del balón.

A este respecto, según se ilustra en las Figuras 9A y 9B, la zona alrededor de un jugador dado en donde se puede considerar que el jugador está ganando posesión del balón (subíndice "P" en las figuras) es algo más pequeña que la zona alrededor del jugador en donde se considerará que el jugador retiene la posesión del balón (subíndice "R" en las figuras), habida cuenta que un jugador suele impulsar el balón en la proximidad de su cuerpo cuando lo recibe, luego puede mover el balón alejándolo de su cuerpo cuando intenta pasar, lanzar o retener el balón alejado de un jugador contrario. Por tanto, el radio horizontal de la zona de recepción-posesión R_P alrededor del jugador es más pequeño que el radio horizontal de la zona de retención-posesión R_R alrededor del jugador. De manera similar, la altura de la zona de recepción y de posesión Z_P es menor que la altura de la zona de retención-posesión Z_R . (Los márgenes aceptables de radio horizontal y altura para que un balón esté cerca de un jugador pueden ser parámetros configurables que varían según el deporte y el grupo de edad de los jugadores que utilizan el sistema. En algunas formas de realización para baloncesto, los ejemplos de márgenes aceptables son 4 pies de radio y 8 pies de altura.)

Por lo tanto, con el fin de determinar si el balón todavía está cerca del jugador asociado (S814), el sistema determina la distancia desde el jugador asociado al balón que está en la dirección horizontal calculando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la diferencia entre las coordenadas X del balón y del jugador y la diferencia entre las coordenadas Y del balón y del jugador ($\text{SQRT}((X_{\text{ball}} - X_{\text{player}})^2 + (Y_{\text{ball}} - Y_{\text{player}})^2)$). Si la distancia horizontal entre el balón y el jugador asociado es menor o igual que el radio mayor de retención-posesión R_R , y la coordenada Z del balón es menor o igual al valor Z mayor de la altura de la zona de retención-posesión Z_R , entonces se considerará que el jugador previamente asociado todavía está en posesión del balón (ruta de resultado 816), y el sistema almacena la ubicación del balón (S818) a nivel local o en un servidor en la nube informática para almacenamiento y distribución a largo plazo a aplicaciones conectadas.

Si se determina (S814) que el balón no está cerca del jugador previamente asociado (ruta de resultado 820), entonces la asociación entre el balón y el jugador se elimina en S822 (atributo de PLAYER 512 del objeto de balón y atributo del BALL 412 del objeto del jugador son ambos anulados) en el supuesto de que el jugador haya pasado el balón, lanzado el balón o le hayan robado el balón, y el proceso retorna (ruta de retorno 823). Además, antes de anular la asociación, el campo de datos PREV_PLAYER 514 se configurará con la identidad del jugador que acaba de tener y perder la posesión del balón. Además, para preparar los registros de datos para identificar al siguiente jugador que entra en posesión del balón, también se borra el campo de datos del siguiente jugador NEXT_PLAYER 516.

Si, por el contrario, el resultado de la evaluación S810 para constatar si el balón está asociado con un jugador es negativo (ruta de resultados 824), el sistema verifica (S826) para constatar si se ha asignado un valor al campo de datos del siguiente jugador NEXT_PLAYER 516, que será el caso si el procesamiento de posesión (descrito brevemente a continuación) ha identificado a un jugador que está lo suficientemente próximo del balón como para al menos posiblemente ser el próximo jugador en tomar posesión del balón. (El siguiente jugador así identificado no estará asociado con el balón como si realmente tuviera la posesión hasta que haya transcurrido una cantidad de tiempo predeterminada, tal como se detalla a continuación). Si, de hecho, se ha asignado al balón un valor del siguiente jugador en el campo de datos del siguiente jugador NEXT_PLAYER 516 (ruta de resultados 828), el sistema verificará (S830) para constatar si el balón está lo suficientemente próximo del siguiente jugador para "mantener" al siguiente jugador como potencialmente el próximo jugador en tomar posesión real del balón.

Para esta evaluación (S830), el sistema utiliza las dimensiones de radio y altura de la zona más pequeña de obtención-posesión alrededor de un jugador ilustrado en las Figuras 9A y 9B. Por lo tanto, el sistema verifica si la distancia horizontal entre el balón y el siguiente jugador identificado ($\text{SQRT}((X_{\text{ball}} - X_{\text{next-player}})^2 + (Y_{\text{ball}} - Y_{\text{next-player}})^2)$) es menor o igual al más pequeño radio de obtención-posesión R_P y la coordenada Z del balón es menor o igual al valor Z más pequeño de la altura de la zona de obtención-posesión Z_P . Si el balón está, de hecho, lo suficientemente próximo del siguiente jugador para satisfacer estas condiciones (ruta de resultados 832), entonces el sistema cuenta cuánto tiempo está el balón próximo del siguiente jugador, es decir, incrementando (S834) el campo de datos del tiempo de posesión POSSESS_TIME 414 para el siguiente jugador en la cantidad de tiempo entre iteraciones sucesivas del ciclo de

procesamiento, por ejemplo, 0.01 segundos para el caso en donde el sistema se ejecuta a una frecuencia de 100 Hz. Siempre que el siguiente jugador mantenga la posesión del balón dentro de la zona de recepción-posesión, se añadirá otro incremento de tiempo (S834) al campo de datos de tiempo de posesión acumulado POSSESS_TIME 414 para el siguiente jugador cada vez que se ponga en práctica el proceso general, hasta que se determine (S836) que el tiempo de posesión acumulado supera la cantidad mínima predeterminada de tiempo de posesión (p. ej., del orden de medio a un segundo, que puede establecerse dependiendo del nivel de habilidad de los jugadores en relación con los que se espera que se utilice el sistema). Cuando esto sucede, el jugador que ha sido "mantenido" como el próximo jugador ocasional se asigna como el jugador que realmente está en posesión del balón. En particular, al campo de datos del jugador PLAYER 512 asociado con el objeto de balón se le da el valor de ID de jugador 402 del jugador que ha sido el siguiente jugador (S838), y el campo de datos de balón BALL 412 asociado con el objeto para el jugador que fue mantenido como el siguiente jugador - ahora el jugador que realmente tiene posesión del balón - se le proporciona el valor ID del balón 502 del balón para indicar que ese jugador ahora tiene posesión del balón. Además, se borra el campo de datos del siguiente jugador NEXT_PLAYER 516, que "cumplió su propósito".

Si, por otro lado, el balón no está (todavía) dentro de la zona de obtención-posesión alrededor del siguiente jugador (ruta de resultado 840 de la determinación S830), entonces el campo de datos del siguiente jugador NEXT_PLAYER 516 asociado con el objeto de balón se despeja (S843), al igual que cualquier tiempo de posesión que pueda haberse acumulado en el campo de datos de tiempo de posesión POSSESS_TIME 414 para el jugador que está "mantenido" como siguiente jugador, por ejemplo, en una iteración previa de la etapa S834 mientras el balón estaba "justamente pasando a través de" la zona de obtención-posesión. Tal como se explica más detalladamente a continuación, un jugador es identificado como el próximo jugador ocasional en tener posesión del balón mediante una subrutina 842 que determina la posesión, que opera en base a la proximidad más cercana al balón. Por lo tanto, suponiendo que el jugador previamente identificado todavía está más cerca del balón en la siguiente iteración del programa, el mismo jugador será identificado de nuevo como el próximo jugador ocasional en tener posesión, y esta circunstancia seguirá sucediendo hasta que el balón entre en la zona de obtención-posesión alrededor del siguiente jugador (momento en donde el siguiente jugador comenzará a acumular tiempo de posesión) o hasta que el balón haya pasado completamente fuera de la zona de obtención-posesión en el caso de que el balón simplemente se desplace a través de la zona de obtención-posesión del jugador sin que el jugador realmente tome posesión del balón.

Tal como se ilustra, con más detalle en el diagrama de flujo 800, si ningún jugador está asociado con el balón y 1) no se ha asignado un jugador siguiente al balón (ruta de resultados 844 desde la etapa de evaluación S826), es decir, el balón no ha llegado lo suficientemente próximo a otro jugador para que otro jugador sea identificado como el próximo jugador potencial en poseer el balón; o 2) el balón estuvo solamente brevemente cerca del siguiente jugador pero ya no lo está (ruta de resultados 840/841 de la etapa de evaluación S830), entonces el balón estará en algún lugar en el espacio libre. Además, incluso si un jugador ha tenido posesión del balón hasta el momento en que realiza una canasta, por ejemplo, en el caso de un mate o una bandeja, también ocurrirá que ningún jugador esté asociado con el balón y un jugador siguiente no habrá sido asignado al balón en los momentos inmediatamente posteriores a la forma de realización de la canasta. Por lo tanto, en este caso (ningún jugador está asignado al balón; el siguiente jugador no está asignado al balón; y el balón no está próximo del siguiente jugador), el sistema necesitará procesar el balón para identificar al siguiente jugador que estará, o está, en posesión del balón, o con el fin de determinar si el balón ha sido lanzado o introducido en la canasta y, de ser así, si el enceste se realizó satisfactoriamente.

Para iniciar este proceso, el sistema determina (S846) si el balón está dentro de la zona de marcación 304 que rodea cualquiera de los aros de la cancha. (Incluso cuando un jugador ha tenido la posesión del balón hasta el punto de hacer la canasta, el sistema funciona lo suficientemente rápido como para que el balón todavía esté ubicado dentro de la zona de marcación 304, en los momentos posteriores a la realización de la canasta, para que el sistema detecte la ubicación actual del balón y activar esta parte del proceso). Para hacerlo así, el sistema pone en práctica un bucle (no ilustrado específicamente) en donde el sistema recupera la matriz 212 para cada una de las canastas en la cancha y evalúa si la distancia horizontal entre el balón y el centro de la zona de marcación 304 asociada con el aro en particular (es decir, $\text{SQRT}((X_{\text{ball}} - X_{\text{hoop}})^2 + (Y_{\text{ball}} - Y_{\text{hoop}})^2)$) es menor que el radio R de la zona de marcación 304 (ZONE_R_GOAL, 224), y si la posición vertical Z del balón está dentro del margen vertical de la zona de marcación 304, es decir, entre $Z = \text{ZONE_GOAL_ZTOP}$ (228) y $Z = (\text{ZONE_GOAL_ZTOP} - \text{ZONE_W_GOAL})$ (226)). Si el balón está, de hecho, ubicado dentro de la zona de marcación 304 que rodea una de las canastas (ruta de resultado 848), el campo de datos HOOP_ID 519 se establece (S850) para reflejar el aro así identificado en cuya zona de marcación circundante 304 ha entrado el balón y el programa entonces llama a una subrutina 852 para evaluar si se ha intentado una canasta (y, de ser así, si una canasta se ha realizado satisfactoriamente), según se describe más detalladamente a continuación. De lo contrario, si el balón no está ubicado dentro de la zona de marcación 304 que rodea uno de los aros (ruta de resultado 854), el campo de datos HOOP_ID 519 se elimina (S856) de cualquier valor residual, y el programa llama a la subrutina 842 de determinación de posesión citada con anterioridad, según se indica a continuación.

El funcionamiento de la subrutina de determinación de posesión 842 se ilustra por medio del diagrama de flujo 1000 que se muestra en la Figura 10. En general, la subrutina identifica al jugador que está más cerca del balón y, si ese jugador está lo suficientemente próximo del balón para tenerlo realmente, asigna al jugador más próximo al balón como presuntamente el siguiente jugador en estar en posesión del mismo. Tal como se explicó con anterioridad, la posesión real del balón no se establece a menos que, y hasta que el balón esté cerca del, próximo jugador ocasional

durante una cantidad de tiempo mínima predeterminada (S836). Hasta que eso suceda, el parámetro NEXT_PLAYER asociado al balón (516) será eliminado (S843) antes de que se llame a la subrutina 842 que determina la posesión. Por tanto, la subrutina comienza inicializando variables (S1002) con el fin de determinar la distancia entre el balón y el jugador más cercano y poder realizar un seguimiento de la distancia entre el balón y todas las etiquetas de los distintos jugadores. En particular, el jugador que presuntamente es el siguiente jugador en estar en posesión del balón se establece inicialmente como no identificado (NEXT_PLAYER (516) = NULL) y se supone que está en una tolerancia de distancia radial (MIN_R = TOL_R) y una tolerancia de distancia vertical (MIN_Z = TOL_Z) alejada del balón, cuyas tolerancias son valores máximos en lo que un jugador podría estar en posesión del balón. De manera adecuada, los valores de tolerancia pueden ser los mismos que los valores de distancia horizontal y distancia vertical que se utilizan para evaluar la proximidad del balón a los jugadores, con el fin de determinar si un jugador ha ganado la posesión del balón o mantenido la posesión del balón como se describió con anterioridad.

A continuación, el sistema entra en un bucle con puntos finales 1004, 1006 que evalúa a cada jugador en secuencia (S1008) con el fin de determinar qué jugador, si lo hubiere, está más cerca del balón y dentro de la tolerancia máxima permitida. Para cada iteración del bucle, el sistema calcula la distancia horizontal R entre un jugador determinado y el balón ($R = \text{SQRT}((X_{\text{ball}} - X_{\text{player}})^2 + (Y_{\text{ball}} - Y_{\text{player}})^2)$) y la distancia vertical entre el jugador determinado y el balón ($DZ = Z_{\text{ball}} - Z_{\text{player}}$). Si los valores para la distancia horizontal y para la distancia vertical son ambos menores que los valores correspondientes para el jugador considerado con anterioridad (o los valores inicializados en el primer pase a través del bucle) (ruta de resultado 1010), entonces el jugador en consideración durante la iteración dada del bucle se considera que es el jugador que está más cerca y, por lo tanto, ocasionalmente más próximo a estar en posesión del balón. En ese caso, los parámetros se actualizan (S1012) para establecer las nuevas distancias mínimas iguales a las distancias entre el balón y el jugador en cuestión (MIN_R = R, MIN_Z = DZ) y para asignar presuntamente al balón, el próximo jugador que estará en posesión del mismo (NEXT_PLAYER (516) = PLAYER_ARRAY [INDEX]), precisamente al jugador bajo consideración. De lo contrario (ruta de resultados 1014), el proceso simplemente retorna al comienzo del ciclo (1004) para evaluar al siguiente jugador en la matriz de jugadores. Además, si ningún jugador se encuentra por debajo de los valores de tolerancia de distancia horizontal y vertical del balón, no se le asignará ningún valor de jugador siguiente (NEXT_PLAYER (516)) al balón.

Tal como se explicó con anterioridad, la ruta de resultados 844 (de la etapa de evaluación S826) y la ruta de resultados 840/841 (de la etapa de evaluación S830) se seguirán cuando el balón esté en el espacio libre, por ejemplo, pasando de un jugador a otro o en su recorrido hacia una canasta. Además, tal como se señaló con anterioridad, la ruta de resultados 844 se seguirá tan pronto como un jugador que haya tenido posesión del balón hasta el punto de hacer una canasta ya no tengan dicha posesión. Por lo tanto, si el balón está en la zona de marcación 304 que rodea una de las canastas en la cancha se evalúa en la etapa de evaluación S846, según se mencionó con anterioridad. Si el balón no está dentro de una zona de marcación, el siguiente jugador en tomar posesión del balón se determina mediante la subrutina 842 que determina la posesión, según se indicó con anterioridad. De lo contrario, si el balón está, de hecho, dentro de una de las zonas de marcación 304 (ruta de resultado 848 de la etapa de evaluación S846), el programa establece el campo de datos HOOP_ID 519 asociado con el objeto de balón para identificar el aro en las proximidades del cual el balón se localiza y luego se llama a la subrutina 852 de identificación de intento, tal como se mencionó con anterioridad.

El funcionamiento de la subrutina 852 de identificación de intento y de lanzamiento se ilustra con mayor detalle en los diagramas de flujo 1100 y 1200 ilustrados en las Figuras 11 y 12, respectivamente. En particular, el proceso comienza confirmando (S1102) que las coordenadas X, Y y Z del balón le colocan dentro del área de zona de marcación 304 que rodea el aro identificado en la etapa S846. Si el balón no está, de hecho, dentro de esta zona, entonces el programa borra todas las propiedades del balón en el objeto de balón que pertenecen a la posición del balón con respecto a la canasta (S1104) y retorna al proceso de llamada (S1106). De lo contrario, si el balón está, de hecho, dentro del área de la zona de marcación alrededor de la canasta identificada, entonces el sistema establece la propiedad del balón IN_GOAL_ZONE 518 en verdadera (S1108).

"Estrechando" el enfoque del análisis, las coordenadas X, Y y Z del balón se evalúan a continuación (S1110) con el fin de determinar si el balón está en la zona de intento 308. (Tal como es el caso con respecto a la zona de marcación 304, el sistema opera lo suficientemente rápido como para que el balón aún se encuentre dentro de la zona de intento 308, en los momentos posteriores a la forma de realización de la canasta, para aquellos casos en que el jugador tuvo posesión del balón hasta el momento en que se realizó). Lo que antecede se realiza evaluando si la distancia horizontal desde la ubicación XY del balón al centro XY del aro ($\text{SQRT}((X_{\text{ball}} - X_{\text{hoop}})^2 + (Y_{\text{ball}} - Y_{\text{hoop}})^2)$) es menor que o igual al radio de la zona de intento (ZONE_R_ATTEMPT, 230) y si la posición Z del balón está en algún lugar en el margen descendente desde la parte superior de la zona de intento 309 (ZONE_ATTEMPT_ZTOP, 234) hacia abajo en una magnitud igual a la altura/anchura de la zona de intento (ZONE_W_ATTEMPT, 232). Si el balón está, de hecho, en la zona de intento 308 (ruta de resultado 1111), el indicador IN_ATTEMPT_ZONE 522 y el indicador IS_ATTEMPT 524 se establecen ambos en verdadero TRUE (S1112) y el proceso retorna (S1106).

Si el balón no está en la zona de intento 308 (ruta de resultado 1113), eso podría ser el resultado de 1) que el tiro se haya fallado (por ejemplo, rebotando fuera del aro 302 y fuera de la zona de intento 308 o fallando completamente la zona de intento 308) o 2) haber realizado el tiro de manera satisfactoria y haber salido de la zona de intento 308 a través de las tres zonas relacionadas con la acción (zona de entrada de acción 310, zona de acción 312 y zona de

salida de acción 314). Por lo tanto, si el balón no está en la zona de intento 308 cuando se verifica en la etapa S1110, el proceso verifica (S1114) si el indicador IN_ATTEMPT_ZONE 522 se ha establecido (es decir, es verdadera), lo que indicaría que el balón estaba en la zona de intento 308 en la iteración anterior del proceso. Si el indicador IN_ATTEMPT_ZONE 522 no se ha establecido (resultado 1116), el proceso retorna (S1106). Sin embargo, si el indicador IN_ATTEMPT_ZONE 522 se ha establecido, de hecho, se llama a la subrutina procesar localizaciones del balón PROCESS BALL LOCATIONS 1120. Esta subrutina recorre las ubicaciones anteriores del balón, en orden cronológico inverso durante los últimos segundos (p. ej., cuatro segundos), con el fin de determinar si el balón ha efectuado un recorrido a través del espacio que la llevó a través del aro, en efecto, si una canasta se ha realizado de forma satisfactoria.

Tal como se ilustra en el diagrama de flujo 1200 que se muestra en la Figura 12, la subrutina procesar localizaciones del balón, PROCESS BALL LOCATIONS, comienza (S1202) estableciendo un iterador de bucle en el índice de la ubicación anterior del balón, es decir, la ubicación inmediatamente antes de que el balón ya no esté en la zona de intento 308. A continuación, un bucle de localización de balón con puntos finales 1204, 1206 comienza a evaluar cada ubicación de balón precedente en orden inverso, prácticamente siguiendo la trayectoria del balón hacia atrás cuando él mismo (potencialmente) pasa a través de las diversas zonas alrededor y adyacentes al aro 303.

La primera evaluación (S1208) en el bucle prueba si la ubicación del balón - comenzando con la ubicación justo antes de que se llame a la subrutina 1120 de seguimiento de ubicación - está dentro de la zona de intento 308 utilizando los mismos cálculos que para la etapa S1110. (Para el primer pase a través de la subrutina 1120, esto será verdadero). Si la ubicación del balón para un punto anterior determinado en el tiempo no está en la zona de intento 308 (ruta de resultado 1210) - es decir, el punto en el tiempo anterior dado es el punto en el tiempo justo antes de que el balón entre en la zona de intento 308 - entonces el bucle 1204/1206 finaliza.

De lo contrario, si la ubicación del balón para el momento anterior dado en el tiempo está (todavía) en la zona de intento 308, el proceso verifica (S1212) si la ubicación del balón está en la zona de salida de acción 314. Más en particular, el sistema verifica si la distancia horizontal entre el balón y el centro de la zona de salida de acción 314 ($\text{SQRT}((X_{\text{ball}}-X_{\text{hoop}})^2 + (Y_{\text{ball}}-Y_{\text{hoop}})^2)$) era menor que el radio R de la zona de salida de acción 314 (ZONE_R_MAKEEXIT, 244), y si el balón estaba dentro del margen vertical entre la parte superior de la zona de salida de acción 314/parte inferior de la zona de acción 312 ($Z = Z_{\text{hoop}}(220) - \text{ZONE_W_MAKE}(242)$) y la parte inferior de la zona de salida de acción 314 ($Z = Z_{\text{hoop}}(220) - (\text{ZONE_W_MAKE}(242) + \text{ZONE_W_MAKEEXIT}(246))$). Si la ubicación del balón para el punto en el tiempo anterior dado estaba en la zona de salida de acción 314 (ruta de resultado 1214), el indicador IN_MAKEEXIT_ZONE 532 es establecido en verdadero (S1216) y el bucle continúa (ruta 1218) para considerar la ubicación del balón siguiente-precedente.

Por otro lado, si se determina en la etapa S1212 que la ubicación del balón en el punto en el tiempo anterior dado no estaba en la zona de salida de acción 314 (ruta de resultado 1220), se prueba la misma ubicación (S1222) con el fin de determinar si estaba dentro de la zona de acción 312. En particular, el sistema verifica si la distancia horizontal entre el balón y el centro de la zona de acción 312 ($\text{SQRT}((X_{\text{ball}}-X_{\text{hoop}})^2 + (Y_{\text{ball}}-Y_{\text{hoop}})^2)$) era menor que el radio R de la zona de acción 312 (ZONE_R_MAKE, 240), y si el balón estaba dentro del margen vertical entre la parte superior de la zona de acción 312 ($Z = Z_{\text{hoop}}(220)$) y la parte inferior de la zona de acción 312 ($Z = Z_{\text{hoop}}(220) - \text{ZONE_W_MAKE}(242)$). Si la ubicación estaba en la zona de acción 312 (ruta de resultado 1224), los procesos verifican, de manera adicional, (S1226) si el indicador IN_MAKEEXIT_ZONE 532 se ha establecido en verdadero TRUE (en una iteración anterior del bucle). Si el indicador IN_MAKEEXIT_ZONE 532 se ha establecido en verdadero TRUE (ruta de resultado 1228), entonces esta circunstancia indica que la ruta del balón la ha llevado desde la zona de acción 312 directamente a la zona de salida de acción 314, en cuyo caso el indicador IN_MAKE_ZONE (530) se establece en verdadero TRUE (S1230) y el bucle continúa (ruta 1232) para considerar la ubicación del balón siguiente precedente. De lo contrario, si el indicador IN_MAKEEXIT_ZONE 532 no se ha establecido en verdadero TRUE (ruta de resultado 1234), el bucle continúa considerando la ubicación del balón siguiente precedente sin que el indicador IN_MAKE_ZONE (530) se haya establecido en verdadero TRUE.

Además, si se determina en la etapa S1212 que la ubicación del balón en el punto en el tiempo anterior dado no estaba en la zona de salida de acción 314 (trayectoria de resultado 1220), y también se determina en la etapa S1222 que la ubicación del balón en el punto en el tiempo anterior dado no estaba en la zona de acción 312 (ruta de resultado 1236), entonces el proceso procede a determinar (S1238) si la ubicación del balón en el punto en el tiempo anterior dado estaba dentro de la zona de entrada de acción 310. En particular, el sistema verifica si la distancia horizontal entre el balón y el centro de la zona de entrada de acción 310 ($\text{SQRT}((X_{\text{ball}}-X_{\text{hoop}})^2 + (Y_{\text{ball}}-Y_{\text{hoop}})^2)$) era menor que el radio R de la entrada de la zona de acción 310 (ZONE_R_MAKEENTRY, 236), y si el balón estaba dentro del margen vertical entre la parte superior de la zona de entrada de acción 310 ($Z = Z_{\text{hoop}}(220) + \text{ZONE_W_MAKEENTRY}(238)$) y la parte inferior de la zona de entrada de acción 310, es decir, la ubicación del aro ($Z = Z_{\text{hoop}}(220)$). Si la ubicación anterior proporcionada estaba en la zona de entrada de acción 310 (ruta de resultado 1240), entonces los procesos verifican, de manera adicional, (S1242) si el indicador IN_MAKE_ZONE 530 se ha establecido en verdadero TRUE (en una iteración anterior del bucle). Si el indicador IN_MAKE_ZONE 530 se ha establecido en verdadero TRUE (ruta de resultado 1244), ello indica que la trayectoria del balón la ha llevado desde la zona de entrada de acción 310 directamente a la zona de acción 312, en cuyo caso el indicador IN_MAKEENTRY_ZONE (528) se establece en verdadero TRUE (S1246) y el bucle continúa (ruta 1248) para considerar la ubicación del balón siguiente precedente.

De lo contrario, si el indicador IN_MAKE_ZONE 530 no se ha establecido en verdadero TRUE (ruta de resultado 1250), el bucle continúa considerando la ubicación del balón siguiente precedente sin que el indicador IN_MAKEENTRY_ZONE (528) se haya establecido en verdadero TRUE.

5 Este proceso de establecer el iterador ITER en la siguiente ubicación del balón anterior y probar la ubicación contra las diversas zonas de acción en orden cronológico inverso, continúa hasta que la ubicación del balón anterior ya no esté en la zona de intento general 308, probando así, de manera efectiva, si la trayectoria del balón pasa a través de las tres zonas de "acción" del aro en orden secuencial. Dicho de otro modo, el proceso determina si un tiro se ha realizado satisfactoriamente y es lo suficientemente sólido para identificar aquellas situaciones en las que un jugador ha llevado el balón a la canasta (mate o bandeja) para realizar la canasta. Por lo tanto, una vez completado el ciclo, el proceso verifica (S1252) si se han establecido los tres indicadores de "acción" (IN_MAKEENTRY_ZONE (528), IN MAKE_ZONE (530) y IN MAKEEXIT_ZONE (532)). Si los tres indicadores se han establecido en verdadero TRUE, entonces la trayectoria del balón fue a través del aro, es decir, el tiro fue satisfactorio y el indicador IS_MAKE (534) se establece en verdadero TRUE. La subrutina de procesamiento de balón 614 (diagrama de flujo 800) luego devuelve el indicador IS_ATTEMP (524) y el indicador IS_MAKE (524) al programa general, y las estadísticas del último jugador que ha estado en posesión del balón antes de que se realizara el lanzamiento puede actualizarse en consecuencia (no ilustrada).

20 Coordinación de comunicaciones de datos entre etiquetas y anclajes

Tal como se señaló al comienzo de esta descripción, se ha mejorado los protocolos de sincronización de transmisión de datos que suelen encontrarse en un sistema de seguimiento de localización basado en anclaje/etiqueta, con el fin de evitar "colisiones" entre señales de transmisión simultánea dentro de un canal determinado. Con ese fin, la metodología de transmisión de datos mejorada proporciona dispositivos y métodos para coordinar las transmisiones de datos entre los anclajes y las etiquetas (denominados genéricamente nodos) en la red de comunicaciones de datos mediante una programación precisa y una gestión continua de los intervalos de tiempo de transmisión para cada anclaje o etiqueta. El anclaje maestro especifica intervalos de tiempo de transmisión discretos, denominados intervalos de tiempo reservados, para cada nodo. Los intervalos de tiempo reservados son subdivisiones de intervalos de tiempo más grandes, denominados ventanas, que son, a su vez, subdivisiones de bloques de tiempo más grandes, denominados bloques de división de tiempo. A medida que se agregan etiquetas a la red, a cada etiqueta se le asigna un intervalo de tiempo reservado en el que se intercambian paquetes de transacción con el anclaje maestro. El anclaje maestro está configurado para detectar y procesar los paquetes de transacción difundidos por las etiquetas durante sus intervalos de tiempo reservados y, a su vez, transmitir instrucciones de tiempo adicionales a cada etiqueta, si fuere necesario, para garantizar que la actividad de transmisión de datos de cada etiqueta continúe ocurriendo dentro de su franja horaria reservada.

Los bloques de división de tiempo, que son definidos por el anclaje maestro, incluyen una ventana de configuración y al menos una ventana de transacción. Durante la ventana de configuración del bloque de división de tiempo, el anclaje maestro detecta y procesa los paquetes de demanda de configuración transmitidos por nuevas etiquetas que desean unirse a la red y comenzar a intercambiar datos con el anclaje maestro. En respuesta a recibir una demanda de configuración de una nueva etiqueta durante la ventana de configuración, el anclaje maestro establece un intervalo de tiempo reservado dentro de la ventana de transacción para la nueva etiqueta y luego transmite un paquete de respuesta de configuración a la etiqueta, que proporciona el intervalo de tiempo reservado a la etiqueta, junto con los parámetros operativos específicos para la etiqueta a seguir, incluyendo un retardo de tiempo inicial para que la etiqueta espere antes de hacer su primer intento de transmitir un conjunto de paquetes de transacción. El anclaje maestro puede detectar y admitir múltiples etiquetas a la red durante la ventana de configuración, estableciendo, de ese modo, intervalos de tiempo reservados y retardos de tiempo iniciales para todas las etiquetas admitidas. Durante la ventana de transacción, cuando llega el intervalo de tiempo reservado para una etiqueta en particular, el anclaje maestro detecta y procesa el conjunto de paquetes de transacción transmitidos por esa etiqueta en particular.

50 Este método para coordinar las diversas transmisiones de datos se ilustra en las Figuras 13 a 17B.

En puestas en práctica del sistema tal como se ilustra con anterioridad, el anclaje maestro A_M mide y divide el paso del tiempo en un flujo continuo de bloques de división de tiempo adyacentes. La Figura 13 muestra un ejemplo de un bloque de división de tiempo 1300 tal como puede ser definido por el anclaje maestro A_M en puestas en práctica del sistema. Cada bloque de división de tiempo 1300 abarca un período de tiempo fijo, tal como 50 milisegundos de duración. Los expertos en esta técnica entienden, sin embargo, que pueden utilizarse bloques de división de tiempo de intervalos más cortos o más largos, dependiendo del número, tipo y velocidades de transmisión de las etiquetas utilizadas en la red de comunicaciones de datos inalámbrica. Cuando la longitud del bloque de división de tiempo se define en 50 milisegundos, entonces el ciclo de repetición de la red es de 20 Hz (es decir, cada segundo comprende 20 bloques de división de tiempo consecutivos). Si el bloque de división de tiempo 1300 es demasiado grande, entonces el anclaje maestro A_M no podrá recibir y procesar señales consecutivas desde etiquetas que se desplazan rápidamente con la suficiente rapidez para efectuar el seguimiento sus ubicaciones actuales en tiempo real. Si el bloque de división de tiempo 1300 es demasiado pequeño, entonces no tendrá suficiente espacio para reservar intervalos de tiempo para un gran número de etiquetas.

Tal como se muestra en la Figura 13, el bloque de división de tiempo 1300 comprende tres subdivisiones de tiempo separadas, que incluyen una ventana de configuración 1305, una ventana de transacción 1310 y una ventana esclava 1315. La ventana de configuración 1305, que está reservada para funciones de configuración, tales como detección y admisión de nuevas etiquetas, dura 20 ms y se divide, además, en intervalos de tiempo discretos 1320 a 1325, durante los cuales se intercambian paquetes de datos de configuración.

La ventana de transacción 1310 dura 20 ms y se subdivide, además, en quince intervalos de tiempo reservados 1330 a 1335, durante los cuales el anclaje maestro A_M recibe y procesa paquetes de transacción difundidos por etiquetas que operan en la red de comunicaciones de datos inalámbrica. Todas las transacciones entre el anclaje maestro A_M y las etiquetas ocurren dentro de estos intervalos reservados 1330 a 1335. Esta partición de la ventana de transacciones 1310 puede admitir intercambios de paquetes de datos con hasta 15 etiquetas. De manera opcional, el sistema también puede asignar un tercer segmento de tiempo denominado la ventana esclava 1315, que dura 10 ms. Dentro de la ventana esclava 1315, las señales de hasta 2 anclajes esclavos $A_{S(n)}$ se pueden intercambiar durante los intervalos de tiempo reservados 1340 y 1345.

Tal como se indicó con anterioridad, la instalación del sensor inalámbrico 100 que puede emplearse con la invención utiliza comunicación bidireccional y margen y se ilustra en las Figuras 1A y 1B. Más en particular, el sistema emplea un método particular de alcance bidireccional denominado "espionaje", en donde las etiquetas de jugador $P_{(n)}$ y las etiquetas de baloncesto $B_{(n)}$ intercambian paquetes de datos directamente con el anclaje maestro A_M y los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ escuchan de manera simultánea las transmisiones de datos que emanan de las etiquetas de jugador $P_{(n)}$ y de las etiquetas de balón $B_{(n)}$. Los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ transmiten sus propios paquetes de datos al anclaje maestro A_M durante la ventana esclava 1315 del bloque de división de tiempo 1300 que se muestra en la Figura 13. Estos datos de espionaje adicionales de los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ son posteriormente utilizados por el ordenador 106 conectado al anclaje maestro A_M en la instalación del sensor inalámbrico 100 para calcular las ubicaciones de los jugadores y de los balones según se describió con anterioridad.

El anclaje maestro A_M puede ser su propio transpondedor, actuando como un nodo de pasarela a través del cual el ordenador 106 puede acceder a la instalación del sensor inalámbrico 100, o podría incorporarse directamente en el ordenador 106. En una puesta en práctica, el ordenador 106 conectado al anclaje maestro A_M puede configurarse para aplicar técnicas de alcance bien conocidas, tales como alcance bidireccional, con el fin de determinar las ubicaciones de las diversas etiquetas de jugador y etiquetas de balón en tiempo real. Lo que antecede se logra mediante el procesamiento continuo de la información del ordenador 106 transmitida en el intercambio de paquetes de datos entre cada nodo activo unido a la instalación del sensor inalámbrico 100 durante cada segmento de tiempo del bloque de división de tiempo 1300 ilustrado con anterioridad en la Figura 13. Las etiquetas realizarán sus funciones de alcance durante sus intervalos de tiempo reservados dentro de los intervalos de tiempo reservados 1330 a 1335 de la ventana de transacción 1310, y los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ transmitirán sus datos durante sus intervalos de tiempo reservados dentro de los intervalos de tiempo reservados 1340 y 1345 de la ventana esclava 1315, según se ilustró con anterioridad en la Figura 13.

La Figura 14 muestra una transacción de alcance típica entre dos nodos en el punto A y en el punto B. Si los relojes en los nodos en los puntos A y B estuvieran perfectamente sincronizados entre sí, entonces un único paquete sería suficiente para los cálculos de localización. Sin embargo, aunque la electrónica moderna está muy cerca en términos de frecuencias de reloj (dentro de millonésimas de segundo), nunca pueden lograr una sincronización absolutamente perfecta, y las discrepancias inicialmente leves entre los relojes se multiplican con el tiempo, lo que hace que los relojes de los nodos separados se alejen cada vez más entre sí. Debido a este hecho, se supone que cada nodo de la instalación 100 tiene su propio dominio de tiempo. Se intercambian tres paquetes entre los nodos en los puntos A y B, con una marca de tiempo relativa al dominio de tiempo de cada nodo generado por cada evento de transmisión y recepción único (es decir, seis marcas de tiempo). El nodo en el punto A realiza la iniciación y el nodo en el punto B efectúa los cálculos. En la puesta en práctica del sistema de determinación de alcance bidireccional ilustrado en las Figuras 1A y 1B, los datos se desplazan como una carga útil de datos en el último paquete enviado. Estos datos de alcance se acumulan en paquetes sin comprometer los tiempos de llegada de las señales.

Si bien la instalación del sensor inalámbrico 100 funcionará de manera adecuada con solamente dos anclajes, a saber, un anclaje maestro A_M y un único anclaje esclavo único A_S , se pueden añadir anclajes esclavos adicionales $A_{S(n)}$ a la red para aumentar la precisión y fidelidad de los datos de ubicación y con el fin de evitar problemas que podrían surgir, por ejemplo, cuando una persona u objeto en la cancha obstruye la línea de visión directa entre una etiqueta y un anclaje.

La Figura 15A muestra un diagrama de estado para una etiqueta activa, por ejemplo, una etiqueta de balón $B_{(n)}$ o una etiqueta de jugador $P_{(n)}$, según se utiliza con la invención. Después de un estado de activación o de reinicio 1500, la etiqueta entra primero en un estado de inicialización 1505, en donde se inicializan los parámetros definidos por el firmware dentro del circuito integrado electrónico de la etiqueta. A continuación, la etiqueta entra en un estado de demanda de configuración 1510, en donde la etiqueta transmite una demanda de configuración para anunciar su presencia a la red y para solicitar instrucciones de funcionamiento desde el anclaje maestro A_M . A continuación, la etiqueta entrará en un estado de escucha 1515, en donde la etiqueta espera una respuesta desde el anclaje maestro A_M a su demanda de configuración. Si no se recibe respuesta mientras la etiqueta está en el estado de escucha 1515,

la etiqueta reducirá su consumo de energía y entrará en un estado de latencia 1520 durante un período de tiempo asignado, de manera aleatoria, de entre uno y tres segundos antes de volver a activarse y retornar al estado de inicialización 1505. Aunque las etiquetas pueden ser potencialmente disruptivas en el caso de colisiones de señales dentro de un canal hasta que la baliza de la etiqueta caiga dentro de la ventana de configuración, la señal de demanda de configuración es extremadamente corta, minimizando así cualquier potencial de señal de interferencia o pérdida de datos.

Si la etiqueta recibe una respuesta de configuración que contiene instrucciones operativas desde el anclaje maestro A_M mientras está en el estado de escucha 1515, entonces la etiqueta entra, a continuación, en un estado operativo 1525, en donde la etiqueta procesa los parámetros de configuración proporcionados por el anclaje maestro A_M . Uno de dichos parámetros de configuración comprende un período de retardo inicial en el que la etiqueta debe esperar antes de comenzar a transmitir paquetes de transacción al anclaje maestro A_M . A continuación, la etiqueta entra en un estado de espera 1530 durante un período de tiempo igual al período de retardo inicial, durante el cual la etiqueta reduce su consumo de energía y permanece inactiva. Cuando el período de demora inicial ha expirado, la etiqueta entra en un estado de transacción 1535. En una puesta en práctica, la etiqueta intercambia paquetes de transacción, tales como paquetes de alcance, con el anclaje maestro A_M durante el estado de transacción 1535. Sin embargo, la instalación 100 puede configurarse para intercambiar cualquier otro tipo de datos durante la ventana de transacción, y no solamente datos de alcance. Después del primer intercambio de paquetes de transacción, la etiqueta vuelve al estado de espera 1530 y entra en espera del siguiente intervalo de tiempo reservado en la siguiente ventana de transacción del siguiente bloque de división de tiempo antes de volver de nuevo al estado de transacción 1535.

A medida que la etiqueta se desplaza a través de los estados 1505, 1510, 1515 y 1520, los paquetes intercambiados con el anclaje maestro A_M incluyen una demanda de configuración, una respuesta de configuración y un reconocimiento de configuración. En una puesta en práctica, la ventana de configuración es de aproximadamente 500 microsegundos de longitud. Los intercambios de paquetes de configuración solamente se inician mediante etiquetas que aún no se han configurado, y el anclaje maestro A_M solamente responderá a una demanda de configuración si se escucha la demanda de configuración dentro de los 600 microsegundos del final de la ventana de configuración, evitando así que se produzcan intercambios de paquetes de configuración o retrasos en los intercambios de paquetes de etiquetas o de anclajes esclavos $A_{S(n)}$. Si la etiqueta de inicio de configuración escucha la respuesta de configuración dentro de los 1,5 ms de enviar una demanda de configuración, responderá con un paquete de confirmación de configuración y luego programará una transacción de alcance para que ocurra durante el intervalo de tiempo reservado de la ventana de transacción. Si la etiqueta de inicio no escucha una respuesta en 1,5 ms, entrará en el estado de latencia 1520 durante un período de tiempo aleatorio (normalmente entre uno y tres segundos) antes de intentar enviar otra demanda de configuración.

La respuesta de configuración transmitida por el anclaje maestro A_M contiene el período de retardo inicial que la etiqueta debe esperar antes de intentar difundir una transacción de alcance bidireccional al anclaje maestro A_M . La respuesta de configuración también contiene el período de transmisión de la etiqueta, el ID de red (utilizado cuando hay varias redes disponibles) y el tiempo de espera de la red. El tiempo de espera de la red indica a la etiqueta cuántas veces consecutivas el dispositivo debe intentar comunicarse con el anclaje maestro A_M sin recibir una respuesta desde dicho anclaje maestro A_M . Los datos contenidos en cada paquete de configuración en una puesta en práctica del sistema se describen con mayor detalle a continuación con referencia a la Figura 16.

En puestas en práctica, a modo de ejemplo, de la red que utilizan alcance bidireccional con el fin de determinar la ubicación de la etiqueta, los paquetes de datos intercambiados con el anclaje maestro A_M mientras una etiqueta dada está en el estado de transacción 1535 pueden incluir una demanda de alcance bidireccional, una respuesta de alcance bidireccional y un reconocimiento de alcance bidireccional. Se necesitan aproximadamente 5 ms para que una etiqueta se vuelva a activar desde un estado de latencia. En la puesta en práctica a modo de ejemplo, una transacción de etiqueta tiene una longitud de aproximadamente 1 milisegundo. Si una etiqueta tiene más de 10 ms antes de su próxima transacción programada (el doble de tiempo que tarda la etiqueta en activarse), permanecerá inactiva hasta aproximadamente 5 ms antes de su próxima transmisión y luego se activará a tiempo para estar lista para transmitir durante su intervalo de tiempo reservado 1330 a 1335 ilustrado con anterioridad en la Figura 13. Por lo tanto, si el bloque de división de tiempo es de 50 ms y el intercambio de paquetes de transacción dura 1 ms, la etiqueta permanecerá en estado de latencia aproximadamente 44 ms de cada bloque de división de tiempo. En el tiempo de transacción planificado, la etiqueta envía un paquete de transacción, tal como una demanda de alcance bidireccional, al anclaje maestro A_M . En formas de realización preferidas, la etiqueta utiliza el período que recibió del anclaje maestro A_M en su última comunicación con dicho anclaje maestro A_M con el fin de planificar la siguiente transacción de etiquetas, lo que reduce la desviación que de otra manera podría ocurrir si el reloj de la etiqueta se desplaza a una velocidad que es ligeramente diferente de la frecuencia del reloj del anclaje maestro.

Cuando el anclaje maestro A_M recibe una demanda de determinación de alcance bidireccional, genera una respuesta de determinación de alcance bidireccional. Esta respuesta contiene el retardo que debe esperar la etiqueta antes de enviar la siguiente demanda de alcance bidireccional, el valor del período y otros datos de la red. Si la etiqueta recibe una respuesta de alcance bidireccional desde el anclaje maestro A_M , entonces responderá con un paquete de reconocimiento de alcance bidireccional y actualizará su tiempo de transacción de etiqueta planificado con el retardo ajustado recibido en la respuesta del alcance bidireccional. Si la etiqueta no recibe una respuesta de alcance

bidireccional dentro de 1,5 ms, entonces utiliza el último período asignado por el anclaje maestro A_M con el fin de determinar el tiempo de la próxima transacción. Al final de la transacción de alcance bidireccional, o después de que expire el tiempo de espera de recepción, la etiqueta vuelve a un estado de latencia de baja potencia. Los datos contenidos dentro de cada tipo de paquete de transacción utilizado por una puesta en práctica de la red se analizan con mayor detalle a continuación con referencia a la Figura 16.

La Figura 15B muestra un diagrama de estado para el anclaje maestro A_M tal como se utiliza en una puesta en práctica a modo de ejemplo de la instalación 100. Según se muestra en la Figura 15B, el anclaje maestro A_M recorre tres fases separadas de operación, correspondientes a las tres ventanas en el bloque de división de tiempo, que comienza con una fase de configuración 1540, en donde el anclaje maestro A_M detecta los paquetes de demanda de configuración transmitidos por cualquier etiqueta nueva que no es ya miembro de la red de comunicaciones de datos del anclaje maestro y desea ser añadida a la red. A esta circunstancia le sigue una fase de transacción 1560, durante la cual el anclaje maestro A_M y las etiquetas intercambian paquetes de transacción.

Por último, el anclaje maestro A_M entra en la fase esclava 1580, durante la cual el anclaje maestro A_M intercambia paquetes de datos de alcance bidireccional con los anclajes esclavos $A_{S(n)}$.

En la fase de configuración 1540, que corresponde a la ventana de configuración 1305 de la Figura 13, el anclaje maestro A_M se desplaza a través de varios estados distintos. El anclaje maestro A_M escucha en primer lugar las demandas de configuración emitidas por nuevas etiquetas que intentan incorporarse a la red (estado de escucha de configuración 1545). Tras la detección de una demanda de configuración de una nueva etiqueta que aún no se ha unido a la red, el anclaje maestro A_M pasará a un estado de respuesta de configuración 1550, en donde los parámetros de configuración específicos de la nueva etiqueta se ensamblan y se transmiten de nuevo a la etiqueta. A esta circunstancia le sigue un estado de confirmación de configuración final 1555, donde el anclaje maestro A_M intenta recibir y procesar un mensaje de confirmación desde la nueva etiqueta confirmando que la nueva etiqueta ha recibido y procesado de manera satisfactoria los parámetros de configuración transmitidos por el anclaje maestro A_M . El anclaje maestro A_M a continuación vuelve al estado de escucha 1545.

De esta manera, el anclaje maestro A_M recibe y procesa demandas de configuración y envía parámetros de configuración a las etiquetas, retransmitiendo a las etiquetas parámetros operativos cruciales tal como su tasa de repetición, cuando las etiquetas comiencen a transmitir en relación con cuándo cada etiqueta se incorporó a la red, en qué lugar de la ventana de transacción cae el intervalo de tiempo reservado de la etiqueta y cuándo transmitir los paquetes de transacción en relación con el dominio de tiempo de cada etiqueta. El anclaje maestro A_M también puede configurarse para indicar a la etiqueta cuánto tiempo debe esperar para recibir respuestas desde el anclaje maestro A_M antes de que se agote el tiempo de espera (parámetro de tiempo de espera de la red), así como cuántas veces se debe repetir una demanda de configuración antes de que la etiqueta asuma que no hay red disponible y se desactive.

Dentro de la fase de transacción 1560, que corresponde a la ventana de transacción 1310 ilustrada previamente en la Figura 13, el anclaje maestro A_M intercambia paquetes de transacción de manera secuencial con cada una de las etiquetas actualmente unidas a la red, escuchando en primer lugar las transmisiones desde las etiquetas en estado de escucha de etiqueta 1565, a continuación recibiendo y analizando paquetes de transacción desde la etiqueta en estado de recepción 1570, y por último, procesando paquetes de transacción en el estado de procesamiento de transacción 1575. El anclaje maestro A_M tiene la capacidad de determinar con qué precisión cada etiqueta transmite, dentro de su intervalo de tiempo reservado, analizando las marcas de tiempo de transmisión al recibirlas y comparando esta información con la lista de intervalos de tiempo reservados, entrando en un estado de ajuste 1597, según sea necesario, para tener en cuenta cualquier desviación hacia los límites del intervalo de tiempo reservado. Los detalles del funcionamiento del anclaje maestro A_M durante el estado de ajuste 1597 se describen con mayor detalle a continuación haciendo referencia a la Figura 17B.

Dentro de la fase de transacción esclava 1580, que corresponde a la ventana esclava 1315 ilustrada previamente en la Figura 13, el anclaje maestro A_M intercambia paquetes de datos con los anclajes esclavos $A_{S(n)}$. En primer lugar, el anclaje maestro A_M escucha las transmisiones de los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ en el estado de escucha esclavo 1585. A continuación, el anclaje maestro A_M recibe señales transmitidas desde los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ durante el estado de recepción 1590. Por último, el anclaje maestro A_M procesa los datos de espionaje descritos con anterioridad durante el procesamiento de datos esclavo 1590. En una puesta en práctica a modo de ejemplo, el intercambio de paquetes de datos esclavo incluye una demanda de alcance bidireccional, una respuesta de alcance bidireccional y un reconocimiento de alcance bidireccional entre un anclaje esclavo $A_{S(n)}$ y un anclaje maestro A_M . Una transacción esclava puede tener una duración aproximada de 3 milisegundos. Las transacciones esclavas son similares a las transacciones de etiquetas, excepto que los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ no están en latencia, y el paquete final de una transacción esclava es un paquete de reconocimiento de alcance bidireccional, en donde los datos de rastreo se acumulan como carga útil adicional.

Para el propósito de la programación, el anclaje maestro A_M puede configurarse, en algunas puestas en práctica, para ordenar, en primer lugar, la lista de etiquetas y anclajes $A_{S(n)}$ en la red por tipo de dispositivo y tasa de repetición. Las etiquetas se colocan en primer lugar en la lista y luego se ordenan por sus tasas de repetición, de modo que las tasas de repetición más bajas se programan en primer lugar en la ventana de la transacción. A todos los dispositivos se les

asignan números de transacción y fases. Los intervalos de tiempo en la ventana de transacción se reservan y asignan a las etiquetas según su configuración de tasa de repetición. En una puesta en práctica de la red, si la configuración de la tasa de repetición de una etiqueta es tal que no realiza un alcance bidireccional durante cada bloque de división de tiempo 1300 (que se muestra en la Figura 13), entonces el anclaje maestro A_M puede indicarle a esa etiqueta que comparta un intervalo de tiempo reservado con una o más etiquetas que no requieren el intercambio de paquetes de alcance bidireccional durante cada bloque de división de tiempo 1300. Por ejemplo, si dos etiquetas comparten un intervalo de tiempo reservado, cada etiqueta transmitirá paquetes de transacción de forma alterna, cada dos veces ocurre el intervalo de tiempo reservado. Si la configuración de la tasa de repetición corresponde a una tasa de repetición de 20 Hz, que es igual a 50 milisegundos por cada ciclo (la magnitud del bloque de división de tiempo 1300), entonces se espera que esa etiqueta transmita paquetes de transacción cada vez única en que ocurre el intervalo de tiempo reservado y no comparte ese intervalo de tiempo con ningún otro dispositivo. De esta manera, se llenan los 15 intervalos de transacción de etiquetas. A los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ se les asignan intervalos de tiempo en el orden en que se reciben desde el anclaje maestro A_M . Los anclajes esclavos $A_{S(n)}$ siempre están configurados para que su tasa de repetición sea equivalente a la longitud del bloque de división de tiempo (50 milisegundos).

La Figura 16 muestra el orden de los campos en cada paquete para cada tipo de paquete de transmisión de datos intercambiado entre los nodos de una puesta en práctica, a modo de ejemplo, de la instalación 100. Según se muestra en la Figura 16, hay seis tipos de paquetes de transmisión de datos utilizados en los eventos de configuración y transacción durante el funcionamiento del sistema.

El paquete de demanda de configuración 1601 contiene datos en forma binaria, comenzando con una identificación del tipo de paquete 1600, información sobre la versión del paquete 1602 y el ID de red 1604, que sería necesario si varias redes de comunicaciones de datos inalámbricas estuvieran operando en proximidad entre sí. El paquete de demanda de configuración 1601 también incluye la dirección de transmisión 1606 y el número de serie específico 1608 para la etiqueta que envía el paquete de demanda de configuración 1601. Este número de serie es único para cada etiqueta fabricada de un modelo en particular, y se incluye para que el sistema pueda reconocer qué protocolos de datos serán necesarios para el intercambio satisfactorio de datos. Un elemento final del paquete de demanda de configuración 1601 es un número de secuencia 1610, que es un número arbitrario que se incrementa para cada transmisión, proporcionando un número particular para cada evento durante el funcionamiento del sistema.

El paquete de respuesta de configuración 1603 también contiene un campo 1612 que identifica el tipo de paquete, seguido del campo 1614 de versión del paquete y del campo de ID de red 1616. El campo del número de serie 1618 será el mismo número de serie utilizado en el campo 1608 del paquete de demanda de configuración 1601 y sirve para confirmar que el anclaje maestro está transmitiendo un paquete de respuesta de configuración 1603 destinado a la etiqueta específica que transmitió el paquete de demanda de configuración 1601. También se encuentra en el paquete de respuesta de configuración 1603 el campo de dirección del anclaje maestro 1620, un campo del número de secuencia 1622 y un campo de dirección de destino 1624. El campo 1624 contiene los datos de configuración del dispositivo para esa etiqueta particular o anclaje esclavo $A_{S(n)}$. El campo 1628 contiene el tiempo de retardo en milisegundos, que indica a la etiqueta cuánto tiempo debe esperar hasta comenzar su primera transacción de datos, y el campo 1630 contiene el periodo en milisegundos, que le indica a la etiqueta cuánto tiempo debe esperar para repetir su transmisión relativa a su propio dominio de tiempo. El último campo 1632 en el paquete de respuesta de configuración 1603 contiene el parámetro de tiempo de espera, que le indica a la etiqueta cuánto tiempo debe esperar si no se recibe respuesta del anclaje maestro A_M durante la ventana de transacción. Los campos 1612-1622 se consideran para ser los datos de "cabecera" para el paquete de configuración 1603, mientras que los campos 1624-1632 se considera que incluyen la "carga útil".

El paquete de confirmación de configuración 1605 contiene el campo de tipo de paquete 1634, el campo de versión de paquete 1636, el campo de ID de red 1638, el campo de dirección maestra 1640, que serán los mismos datos utilizados en el campo de dirección maestra 1620 del paquete de respuesta de configuración 1603. El campo de dirección de etiqueta 1642 tendrá los mismos datos que el campo de dirección de destino 1624 del paquete de respuesta de configuración 1603, lo que asegura que la etiqueta y el anclaje maestro A_M se transmiten entre sí durante cada transacción de paquete. Un campo de número de secuencia 1644 completa el paquete de confirmación de configuración 1605.

El paquete de demanda de determinación de alcance bidireccional 1607, el paquete de respuesta de determinación de alcance bidireccional 1609 y el paquete de reconocimiento de determinación de alcance bidireccional 1611 son intercambiados por el anclaje maestro A_M y las etiquetas durante las ventanas de transacción. El paquete de demanda de alcance bidireccional 1607 contiene el campo de tipo de paquete 1646, el campo de versión del paquete 1648, el campo ID de red 1650 y el campo de dirección maestra 1652, seguidos por el campo de dirección de etiqueta 1654. A continuación, está el campo de ID de alcance bidireccional 1656, que es un identificador único para esa transacción de alcance bidireccional particular. Sigue el campo de número de secuencia 1658 y el campo de tiempo de transmisión 1660 completa el paquete de demanda de determinación de alcance bidireccional 1607.

El paquete de respuesta de alcance bidireccional 1609 contiene el campo de tipo de paquete 1662, el campo de versión de paquete 1664, el campo de ID de red 1666 y el campo de dirección de etiqueta 1668, que incluye la misma información que el campo de dirección de etiqueta 1654 del paquete de demanda de alcance bidireccional 1607. El

- campo de dirección maestra 1670 contiene la misma información que el campo de dirección maestra 1652 del paquete de demanda de alcance bidireccional 1607. El siguiente es el campo ID de alcance bidireccional 1672, que contiene el mismo identificador que el campo ID de alcance bidireccional 1656 del paquete de demanda de alcance bidireccional 1607. El número de secuencia está contenido en el campo 1674, el campo de parámetro de retardo 1676 y el período de transmisión se proporcionan en el campo 1678. En el paquete de respuesta de alcance bidireccional 1609 el campo de retardo 1676 y el campo de período 1678 son la carga útil y sirven como un medio para ajustar el inicio de las transmisiones de etiquetas durante cada transacción de alcance bidireccional para garantizar que cada etiqueta continúe transmitiendo durante su intervalo de tiempo reservado.
- El paquete de reconocimiento de alcance bidireccional 1611 contiene el campo de tipo de paquete 1680, el campo de versión de paquete 1682, el campo de ID de red 1684 y el campo de dirección maestra 1686, que incluye la misma información que el campo de dirección maestra 1670 del paquete de respuesta de alcance bidireccional 1609. Los datos contenidos en el campo de dirección de etiqueta 1688 es la misma información que los datos en el campo de dirección de etiqueta 1668 del paquete de respuesta de alcance bidireccional 1609. El campo ID de alcance bidireccional 1690 sigue, y contiene el mismo identificador que el campo ID de alcance bidireccional 1672 del paquete de respuesta de alcance bidireccional 1609. El número de secuencia está contenido en el campo 1692. Los dos campos finales del paquete de reconocimiento de alcance bidireccional 1611 son el campo de tiempo de recepción 1694 y el campo de tiempo de transmisión 1696, que se utilizan para calcular la posición de la etiqueta.
- Se pueden incorporar otros datos a los paquetes de transacción como carga útil adicional, tales como información biométrica, información de estado de la etiqueta, estado de la batería de la etiqueta y cualquier otra información de utilidad para que el sistema mantenga un rendimiento óptimo de la red o para constituir el contenido de una matriz o base de datos para utilizar como análisis de eventos complementario.
- La Figura 17A muestra un diagrama de flujo que detalla las acciones realizadas por una etiqueta en una puesta en práctica, a modo de ejemplo, de la instalación 100. La etiqueta primero se activa en la etapa de activación o reinicio 1700. La etiqueta entra en el estado de configuración en la etapa 1705 en donde anuncia su presencia a la red. Tras la detección por la red, la etiqueta transmite una demanda de configuración 1710, recibe una respuesta de configuración 1715 y transmite un reconocimiento de configuración 1720. Si, después de transmitir la demanda de configuración en la etapa 1710, no se detecta ninguna respuesta de configuración en la etapa 1715, la etiqueta retorna a la etapa de configuración 1705 y de nuevo intenta anunciarse por sí misma a la red. Si la etiqueta recibe una respuesta de configuración en la etapa 1715, el planificador 1725 utiliza información de los paquetes de respuesta de configuración y reconocimiento para dirigir las acciones de determinación de alcance bidireccional 1730 de transmisión, recepción y transmisión. Si, durante las acciones de alcance bidireccional de la etapa 1730, la etiqueta llega a un punto en donde no recibe una señal desde el anclaje maestro A_M , la etiqueta entrará en la etapa de tiempo de espera 1735, lo que hace que la etiqueta vuelva a la etapa de configuración 1705.
- En una puesta en práctica de la red, el paquete de datos de respuesta de configuración proporciona un parámetro de tiempo de espera de la red a la etiqueta (véase el campo 1632 en la Figura 16). Este tiempo de espera le indica a la etiqueta cuánto tiempo debe esperar una respuesta desde el anclaje maestro A_M antes de que se agote el tiempo. De manera alternativa, cada vez que una etiqueta envía una demanda de transacción, se incrementa una variable que indica el número de veces que la etiqueta intentó los tiempos de espera de la demanda. Tras la recepción de una respuesta de transacción, el dispositivo restablece el contador de intentos a cero. Si el contador de intentos supera el umbral predefinido, la etiqueta saldrá de la red y comenzará a solicitar una nueva configuración.
- La Figura 17B muestra un diagrama de flujo que detalla las acciones realizadas por el anclaje maestro A_M en una puesta en práctica, a modo de ejemplo, de la instalación 100. Durante la ventana de configuración, el anclaje maestro A_M recibe una demanda de configuración en la etapa 1740 y determina en la etapa 1745 que la demanda de configuración provino de una nueva etiqueta. En la etapa 1750, el anclaje maestro A_M asigna un nuevo intervalo de tiempo reservado para las transacciones de las etiquetas. La información relacionada con la asignación de intervalos se registra en una matriz de estado de etiqueta 1755. Durante la ventana de transacción, el anclaje maestro A_M recibe una demanda de alcance bidireccional de una etiqueta (etapa 1765), transmite una respuesta de alcance bidireccional en la etapa 1770, y recibe una confirmación de alcance bidireccional en la etapa 1775. La información de tiempo de transmisión relacionada con la demanda de alcance bidireccional recibida en la etapa 1765 se registra en la matriz de estado de etiqueta 1755. El ajustador 1760 accede a la matriz de estado de etiqueta, que supervisa continuamente el rendimiento del tiempo de transmisión de las etiquetas con el fin de determinar la precisión con la que cada etiqueta transmite paquetes dentro de su intervalo de tiempo reservado. El ajustador incorpora parámetros de ajuste de tiempo en la transmisión de la respuesta de alcance bidireccional 1770 cuando así se requiera. El anclaje maestro A_M también puede actualizar los períodos de demora de las etiquetas para garantizar transmisiones de paquetes de transacción en su momento oportuno. Si el anclaje maestro A_M no recibe una demanda de determinación de alcance bidireccional durante la ventana de transacción, el anclaje maestro A_M procede entonces a una etapa de tiempo de espera 1780, durante la cual puede borrar la matriz de estado de etiqueta.
- El período de demora ilustrado en la Figura 17A para el primer tiempo de alcance bidireccional (t_{wr}) de un dispositivo se calcula cuando se recibe un paquete de demanda de configuración por el anclaje maestro A_M recibe. Volviendo a la Figura 13, si la demanda se origina desde una etiqueta, entonces la primera demora es igual al tiempo restante en

la ventana de configuración 1305, más el tiempo desde el inicio de la ventana de transacción 1310 hasta el intervalo de tiempo de transacción reservado del dispositivo, que se refiere al orden de las transacciones dentro de una ventana, a diferencia del tiempo de las transacciones, más 50000 microsegundos multiplicado por el número de bloques de división de tiempo 1300 que pasan antes de la transacción específica. El cálculo para un anclaje esclavo $A_{S(n)}$ es prácticamente el tiempo restante en la ventana de configuración 1305, más la longitud de la ventana de transacción 1310, más el tiempo desde el inicio de la ventana esclava 1315 hasta su transacción de paquete de datos.

Cuando se ensambla el paquete de respuesta a la transacción, el sistema puede configurarse para incluir un ajuste de período de etiqueta para la etiqueta de modo que esta última sepa cuándo intentar retransmitir sus datos de carga útil (si los paquetes se descartan durante el primer intento). Cuando el anclaje maestro A_M recibe un paquete de transacción desde la etiqueta, el anclaje maestro A_M calcula un período de etiqueta ajustado para la etiqueta utilizando la siguiente fórmula:

$$t_{\text{adjust}} = \text{mod}(t_{\text{transaction}}, t_{\text{block}}) - \text{mod}(t_{\text{rx}}, t_{\text{block}}),$$

dónde,

t_{adjust} es el período de etiqueta ajustado,

$t_{\text{transaction}}$ es el tiempo esperado para recibir el paquete de transacción,

t_{block} es la duración del bloque de división de tiempo, y

t_{rx} es la hora a la que realmente se recibió el paquete.

Los valores de establecimiento del período de etiqueta corresponden al número de bloques de división de tiempo entre transacciones de paquetes de datos. Una configuración de período de etiqueta de 0 es por lo tanto 20 Hz, y una configuración de período de etiqueta de 1 es 10 Hz. La próxima vez que la etiqueta inicie una transacción de alcance bidireccional (t_{twr}) se determina multiplicando el número de bloques de división de tiempo por 50000 microsegundos (la magnitud del bloque de división de tiempo). El período de etiqueta ajustado (t_{adjust}) se añade al inicio de la siguiente transacción de alcance bidireccional (t_{twr}) antes de enviarse a la etiqueta. El número de bloques hasta la siguiente transacción de alcance bidireccional está determinado por la fase y la configuración del período de etiqueta del anclaje maestro A_M . La fase actual, relativa a la etiqueta demandante, es la hora actual en el dispositivo maestro dividida por 50000, cuyo módulo es la configuración del período de etiqueta para la etiqueta.

El algoritmo de planificación de la puesta en práctica coordina la transmisión de una pluralidad de etiquetas unidas a una red de comunicaciones de datos inalámbrica. Puesto que cada uno de los nodos tiene sus propios dominios de tiempo, que están sujetos a variaciones entre sí y con la red, la presente solución impone un sistema de tiempo preciso para que los nodos actúen dentro de un sistema distribuido. El sistema puede determinar el rendimiento de la transmisión de intervalos con una tolerancia de +/- 10 microsegundos, que es la precisión suficiente para permitir que el sistema procese una pluralidad de transacciones de paquetes de datos con un uso cercano al 100% de la capacidad del canal disponible. Este método de programación centralizada ahorra la vida de la batería en los nodos al hacer que sigan períodos de tiempo designados, ahorrando energía cuando el nodo no está transmitiendo, ya que las transmisiones de radiofrecuencia pueden ser costosas en términos de energía utilizada. Toda la arquitectura está sesgada para ahorrar energía de la batería en las etiquetas y solamente necesita calcular el ajuste en un lugar de la red. Por lo tanto, no es necesario que las etiquetas realicen más acciones de las necesarias.

La descripción anterior solamente pretende ser un ejemplo de los métodos y productos de la presente invención. A los expertos en esta técnica se les pueden ocurrir desviaciones y modificaciones de las formas de realización descritas. El alcance de la invención se establece en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método con el fin de determinar si un jugador (P) ha marcado en una meta de marcación en una actividad deportiva, en donde 1) cada uno de entre una pluralidad de jugadores (P), que participan en la actividad deportiva, tiene una etiqueta de jugador (T) identificable a distancia que le está asociada y 2) un objeto del juego (B) que se manipula dentro de un campo de juego (102) y se utiliza para marcar un punto al pasar a través de una meta de marcación (G) teniendo una etiqueta de objeto identificable a distancia que le está asociada, cuyo método comprende:
- 5 identificar la posición en el espacio tridimensional de cada uno de los jugadores (P) y del objeto del juego (B) por medio de sus etiquetas asociadas; y
- 10 utilizar las posiciones identificadas de los jugadores (P) y del objeto del juego (B), evaluando la proximidad del objeto del juego (B) a los jugadores (P) para evaluar si alguno de los jugadores (P) está en posesión del objeto del juego (B);
- 15 caracterizado por cuanto que, si ningún jugador (P) está lo suficientemente próximo al objeto del juego (B) para estar en posesión del objeto del juego (B), determinando luego si el objeto del juego (B) está en un área de zona de marcación (304), comprendiendo el área de zona de marcación (304) un área limitada y predefinida en el espacio que rodea la meta, y
- 20 si se determina que el objeto del juego (B) está en el área de zona de marcación (304), entonces determinar si el objeto del juego (B) ha estado dentro de una zona de intento (308), comprendiendo dicha zona de intento (308) un área más pequeña, predefinida y limitada en el espacio dentro del área de zona de marcación (304) y también alrededor de la meta (G), y
- 25 si se determina que el objeto del juego (B) está en la zona de marcación (304) y que ha estado dentro de la zona de intento (308), entonces determinar si se ha marcado en una meta de marcación (G) evaluando si el objeto del juego (B) pasó en orden a través de una pluralidad de sub-áreas discretas predefinidas antes, en y después de la meta de marcación, cuya pluralidad de sub-áreas están dentro de la zona de intento (308), y
- 30 si el objeto del juego (B) ha pasado en orden a través de la pluralidad de sub-áreas discretas predefinidas antes, en y después de la meta de marcación, entonces indicar que se ha marcado una puntuación.
2. El método según la reivindicación 1, que comprende, además, identificar como el jugador (P) que ha marcado un punto, a un último jugador (P) que ha estado en posesión del balón.
- 35 3. El método según la reivindicación 1, en donde dicha evaluación de la proximidad del objeto del juego (B) a los jugadores (P) utiliza un área en el espacio que rodea a un jugador ocasional (P) en posesión del objeto del juego (B) para evaluar la proximidad del objeto del juego (B) al jugador ocasional (P) en posesión y con el fin de determinar si dicho jugador ocasional (P) en posesión del objeto del juego (B) ha obtenido la posesión del objeto del juego (B), y
- 40 en donde dicha evaluación de proximidad del objeto del juego (B) a los jugadores (P) utiliza otra área mayor en el espacio que rodea a un jugador (P) que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego (B) para evaluar la proximidad del objeto del juego (B) al jugador (P) que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego (B) y determinar si el jugador (P) que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego (B) todavía está en posesión del objeto del juego (B).
- 45 4. El método según la reivindicación 1, en donde evaluar si alguno de los jugadores (P) está en posesión del objeto del juego (B) comprende evaluar cuánto tiempo el objeto del juego (B) está dentro de un área predefinida en el espacio alrededor de un jugador (P) que ha sido identificado como ocasionalmente en posesión del objeto del juego (B).
- 50 5. El método según la reivindicación 1, que comprende, además, identificar un jugador (P) entre dicha pluralidad de jugadores (P) que está más cerca del objeto del juego (B).
6. Un sistema para seguimiento de jugadores (P) y de un objeto del juego (B) en un campo de juego (102) que incluye al menos una meta de marcación (G) y con el fin de determinar si se ha efectuado una puntuación, comprendiendo dicho sistema:
- 55 una pluralidad de etiquetas de jugador (T) y una etiqueta de objeto;
- 60 una pluralidad de sensores que pueden detectar a distancia las etiquetas de jugador (T) y la etiqueta de objeto; y
- un dispositivo informático que tiene un procesador e instrucciones de programa no transitorias contenidas en la memoria del ordenador;
- 65 en donde las instrucciones del programa no transitorias están configuradas para hacer que el procesador ejecute las etapas que comprenden

recibir datos desde la pluralidad de sensores;

5 identificar, a partir de los datos recibidos, la posición en el espacio tridimensional de cada uno de los jugadores (P) y del objeto del juego (B) por medio de sus etiquetas asociadas; y

10 utilizar las posiciones identificadas de los jugadores (P) y del objeto del juego (B), evaluando la proximidad del objeto del juego (B) con respecto a los jugadores para evaluar (P) si alguno de los jugadores (P) está en posesión del objeto del juego (B);

15 caracterizado por cuanto que si ningún jugador (P) está lo suficientemente próximo del objeto del juego (B) para estar en posesión del objeto del juego (B), entonces evaluar si el objeto del juego (B) está en un área de zona de marcación (304), cuya área de zona de marcación (304) es un área predefinida y limitada en el espacio que rodea la meta de marcación, y

si se determina que el objeto del juego (B) está en el área de zona de marcación (304), entonces evaluar si el objeto del juego (B) ha estado dentro de una zona de intento (308), cuya zona de intento (308) es un área más pequeña, predefinida y limitada en el espacio dentro del área de la zona de marcación (304) y que también rodea la meta, y

20 si se determina que el objeto del juego (B) está en la zona de marcación (304) y que ha estado dentro de la zona de intento (308), entonces determinar si se ha marcado en una meta de marcación (G) evaluando si el objeto del juego (B) pasó en orden a través de una pluralidad de sub-áreas discretas predefinidas antes, en y después de la meta de marcación, cuya pluralidad de sub-áreas están dentro de la zona de intento (308), y

25 si el objeto del juego (B) ha pasado en orden a través de la pluralidad de sub-áreas discretas predefinidas antes, en y después de la meta de marcación, entonces indica que se ha realizado una puntuación.

30 7. El sistema según la reivindicación 6, en donde las instrucciones del programa están configuradas, además, para identificar en tanto como el jugador (P) que ha marcado un punto, a un último jugador (P) que ha estado en posesión del balón.

8. El sistema según la reivindicación 6, que comprende, además, una estructura de datos almacenada en la memoria y que define la primera y segunda zonas de posesión,

35 en donde las instrucciones del programa están configuradas de manera que la primera zona de posesión, que es un área en el espacio que rodea a un jugador potencial (P) en posesión del objeto del juego (B), se utiliza para evaluar la proximidad del objeto del juego (B) a los jugadores (P) para evaluar si alguno de los jugadores (P) ocasionalmente ha obtenido la posesión del objeto del juego (B), y

40 en donde las instrucciones del programa están configuradas de manera que la segunda zona de posesión, que es un área mayor en el espacio que la de la primera zona de posesión y que rodea a un jugador (P) que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego (B), se utiliza para evaluar la proximidad del objeto del juego (B) al jugador (P) que se ha determinado que está en posesión del objeto del juego (B), para evaluar si el jugador (P) que ha sido determinado estar en posesión del objeto del juego (B) todavía está en posesión del objeto del juego (B).

45 9. El sistema según la reivindicación 6, en donde las instrucciones del programa están configuradas de manera que la etapa ejecutada por el procesador de evaluar si alguno de los jugadores (P) está en posesión del objeto del juego (B) comprende evaluar cuánto tiempo el objeto del juego (B) está dentro de un área predefinida en el espacio alrededor de un jugador (P) que ha sido identificado como ocasionalmente en posesión del objeto del juego (B).

50 10. El sistema según la reivindicación 6, en donde las instrucciones del programa están configuradas de manera que la etapa ejecutada por el procesador de evaluar si alguno de los jugadores (P) está en posesión del objeto del juego (B) incluye identificar a un jugador (P) entre dicha pluralidad de jugadores (P) que está más próximo del objeto del juego (B).

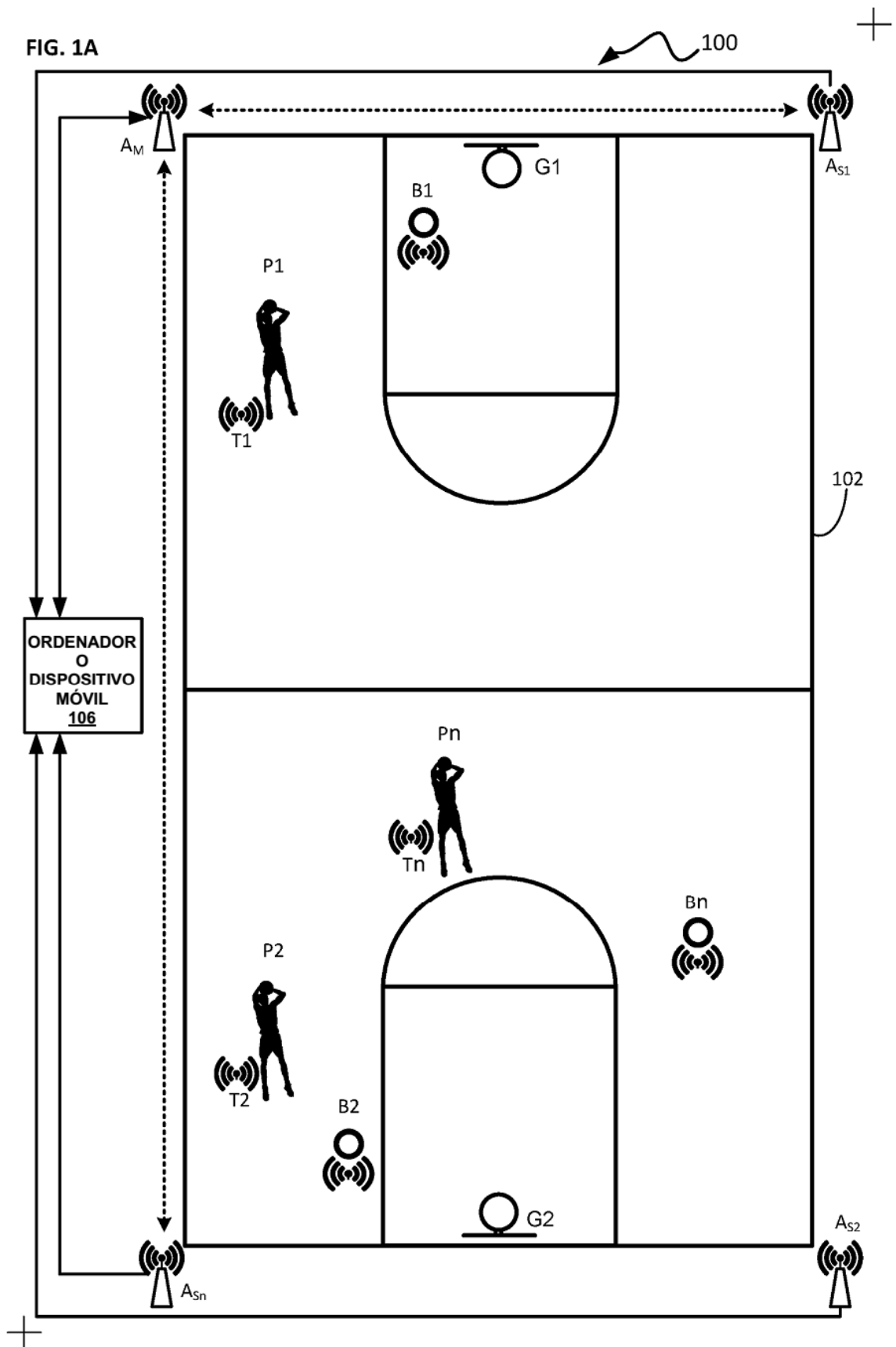
55 11. El sistema según la reivindicación 6, en donde las etiquetas de jugador (T) y la etiqueta de objeto incluyen transceptores habilitados por radio y la pluralidad de sensores incluyen transceptores habilitados por radio que pueden comunicarse de manera electrónica con las etiquetas de jugador (P) y la etiqueta de objeto; y

60 en donde la posición en el espacio tridimensional de cada uno de los jugadores (P) se identifica por medio de comunicación por radio entre los transceptores de etiqueta de jugador y los transceptores de sensor, y la posición en el espacio tridimensional del objeto del juego (B) se identifica mediante comunicación por radio entre el transceptor de etiqueta de objeto y los transceptores de sensor.

65 12. El sistema según la reivindicación 6, en donde la pluralidad de sensores está distribuida alrededor del campo de juego (102).

13. El sistema según la reivindicación 6, en donde la etiqueta de objeto está incorporada dentro o unida a un balón de baloncesto.

FIG. 1A



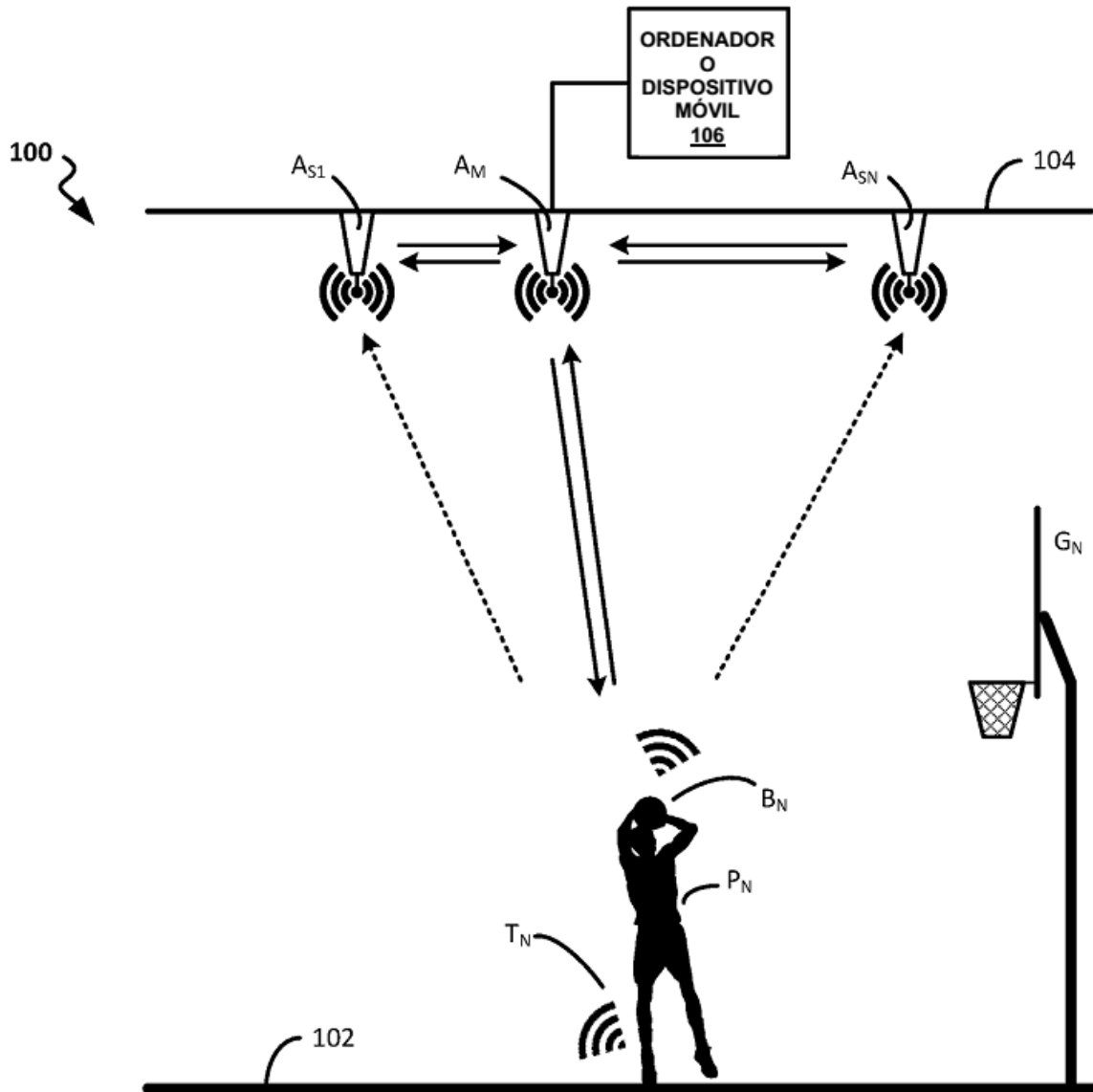
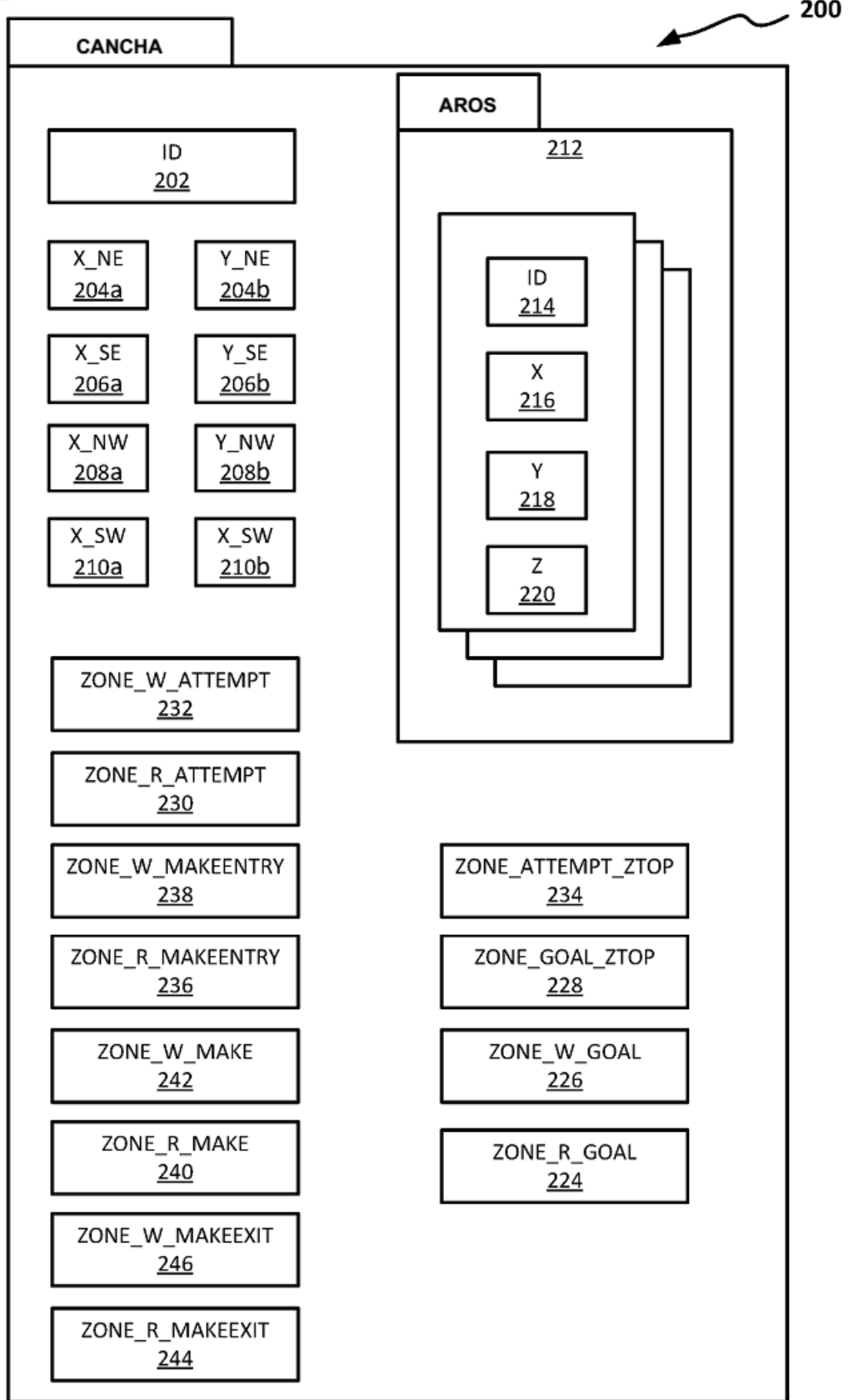


FIG. 1B

FIG. 2



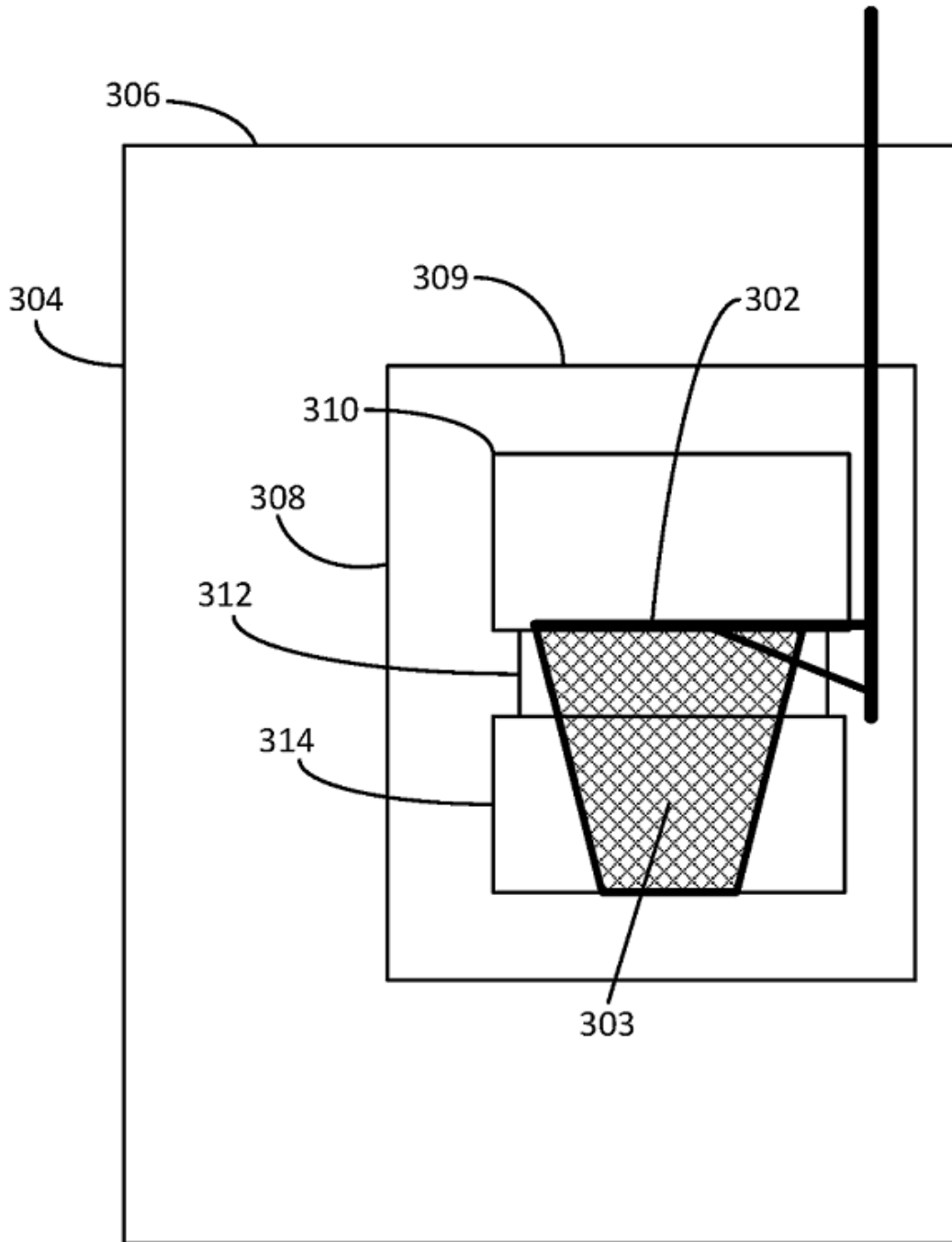


FIG. 3

400
↘

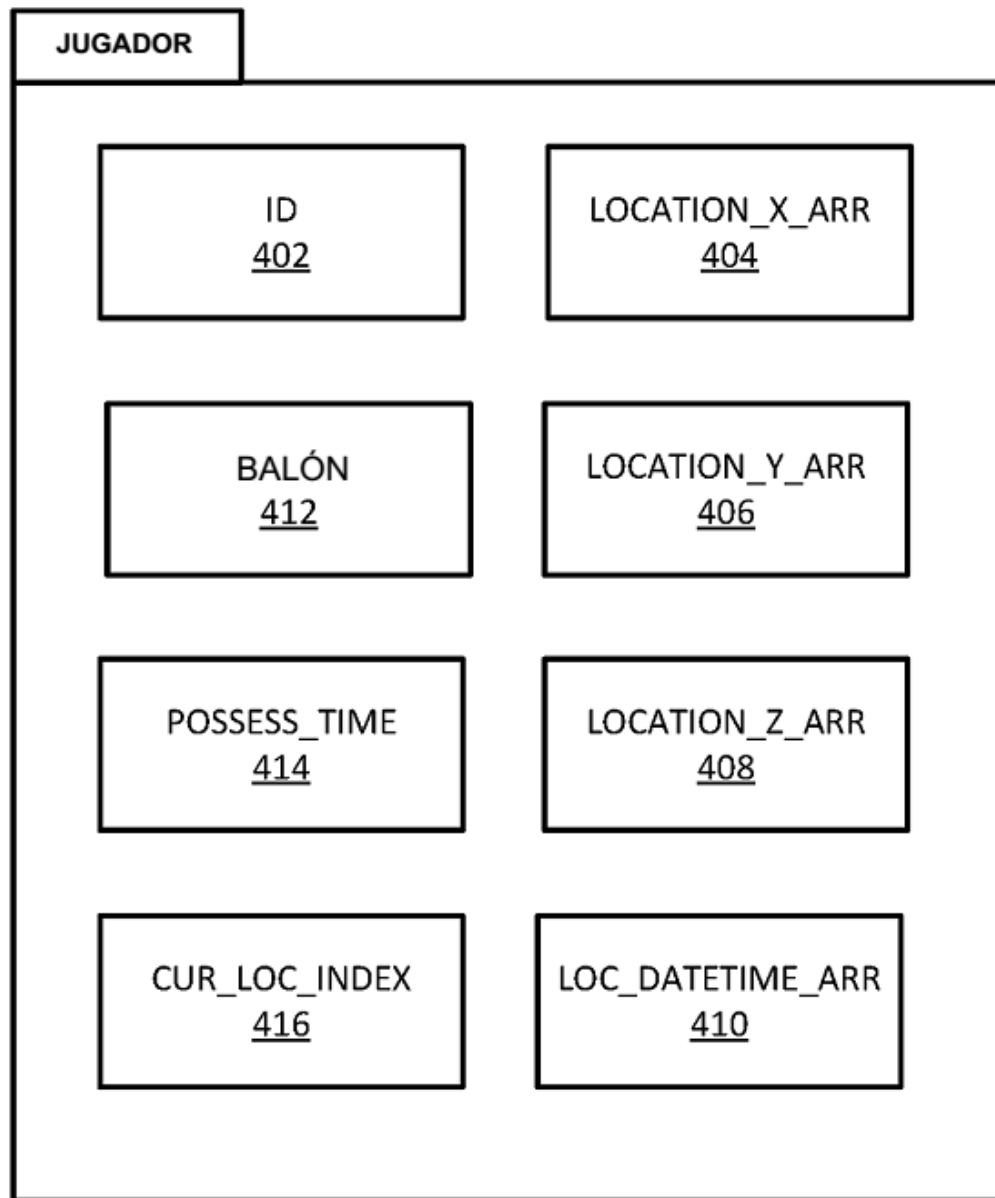
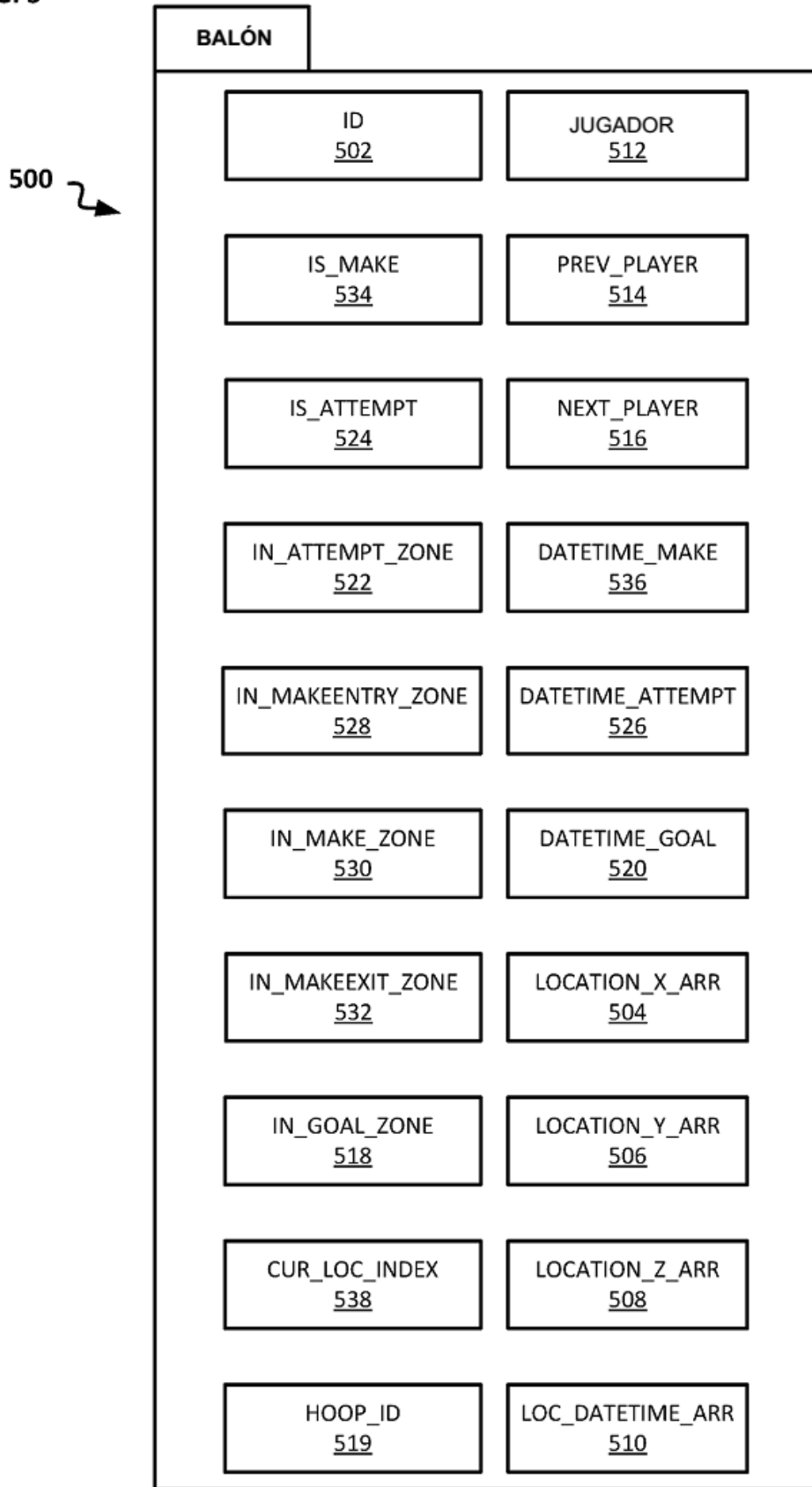


FIG. 4

FIG. 5



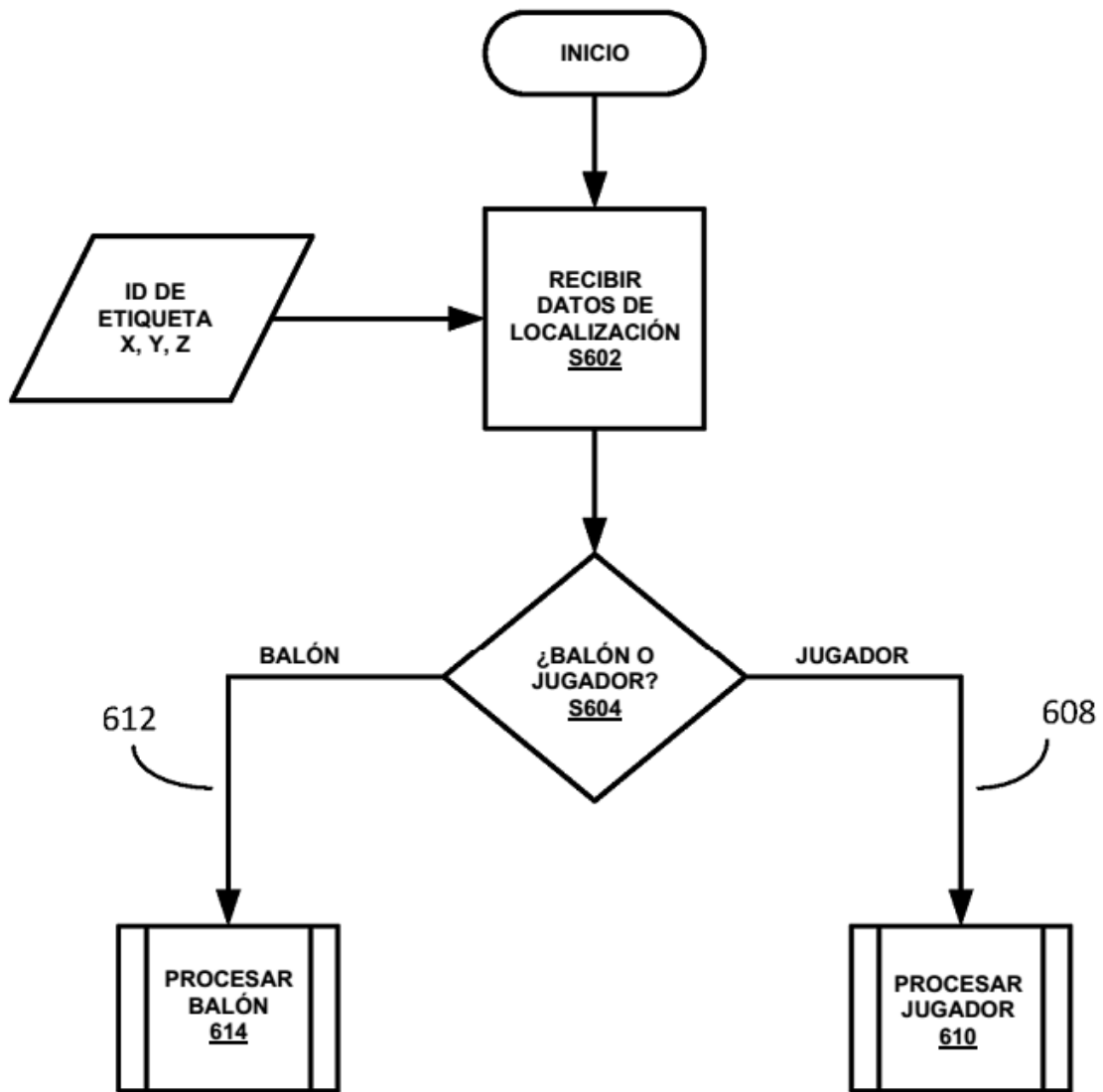


FIG. 6

FIG. 7

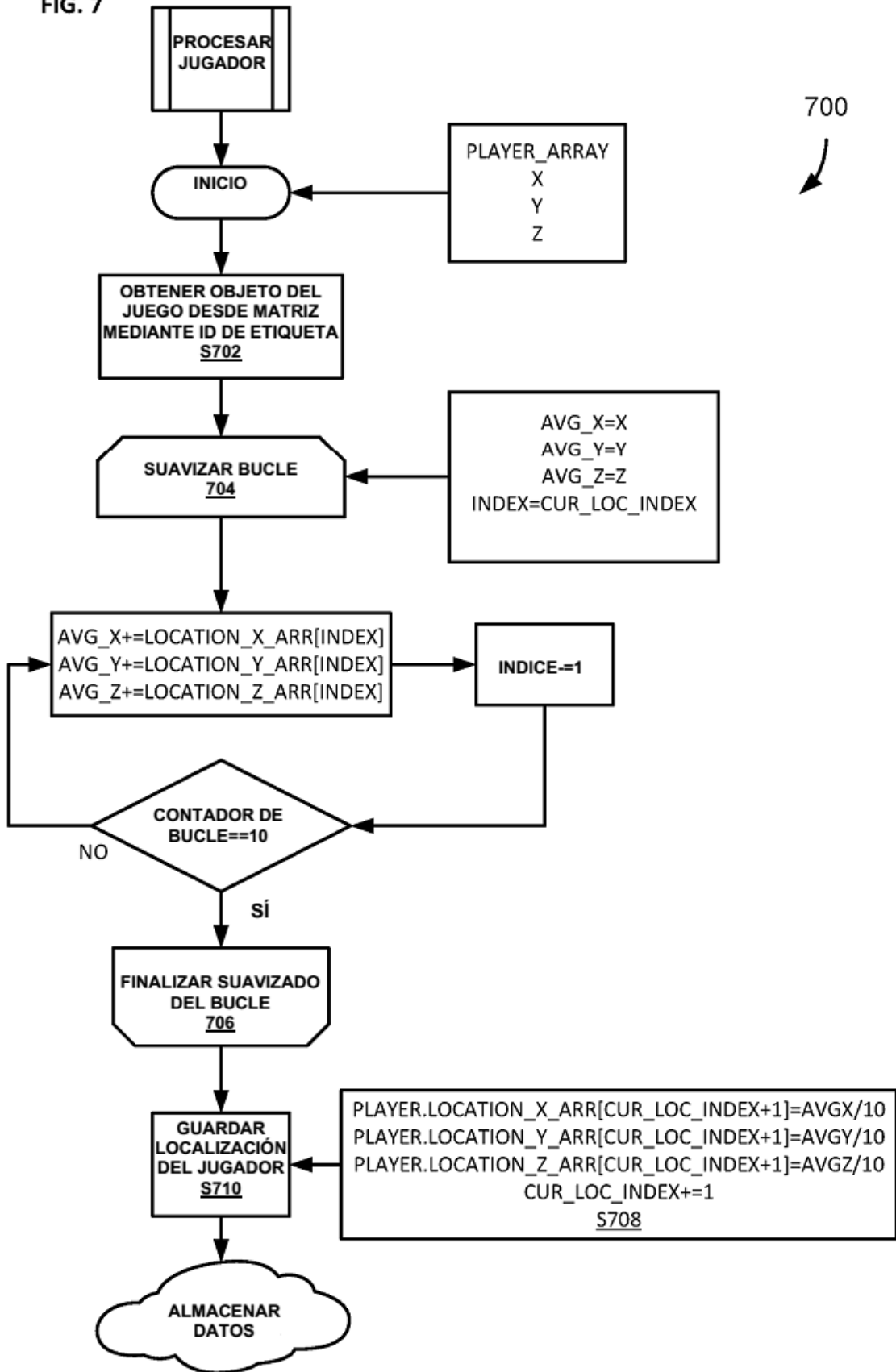
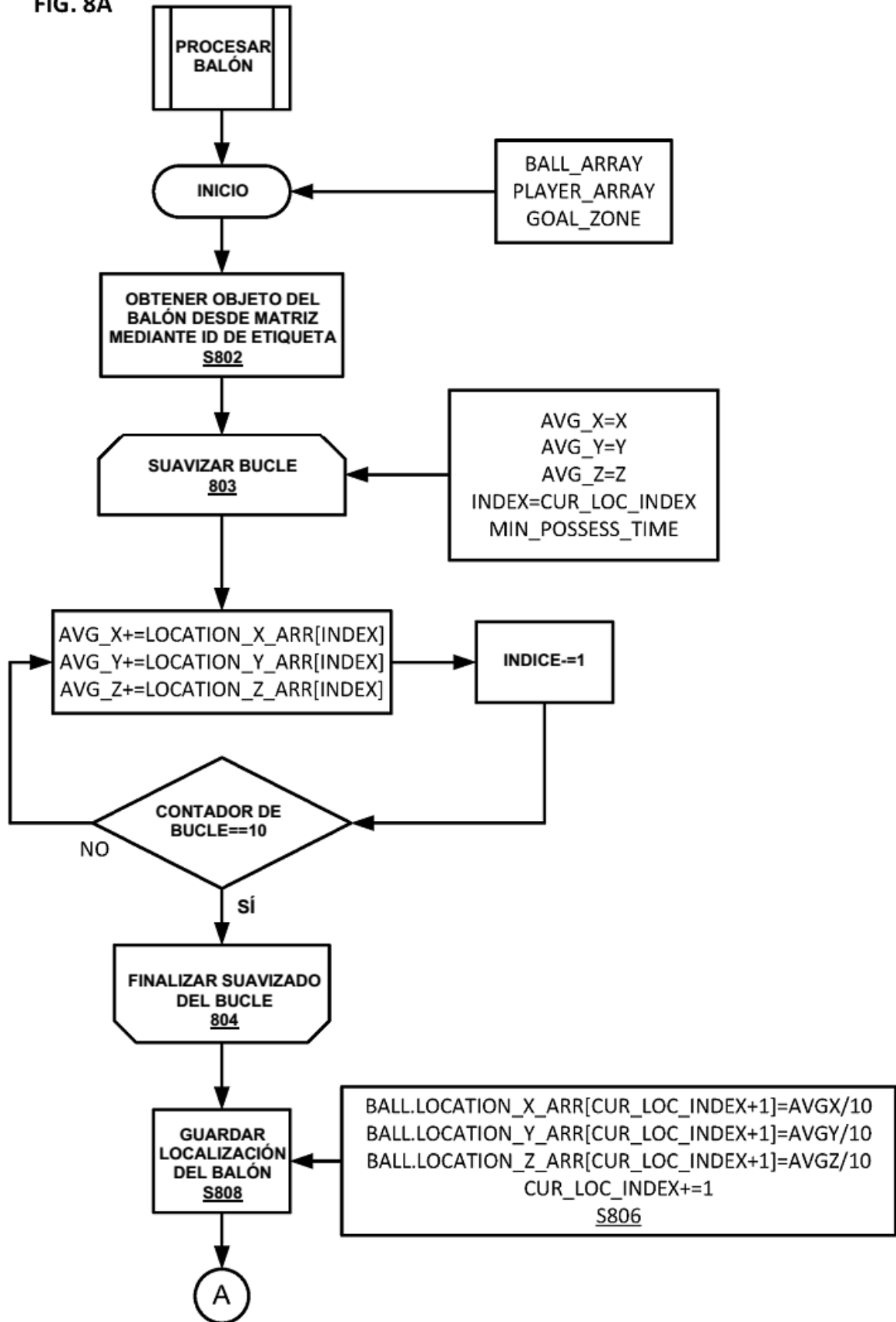


FIG. 8A



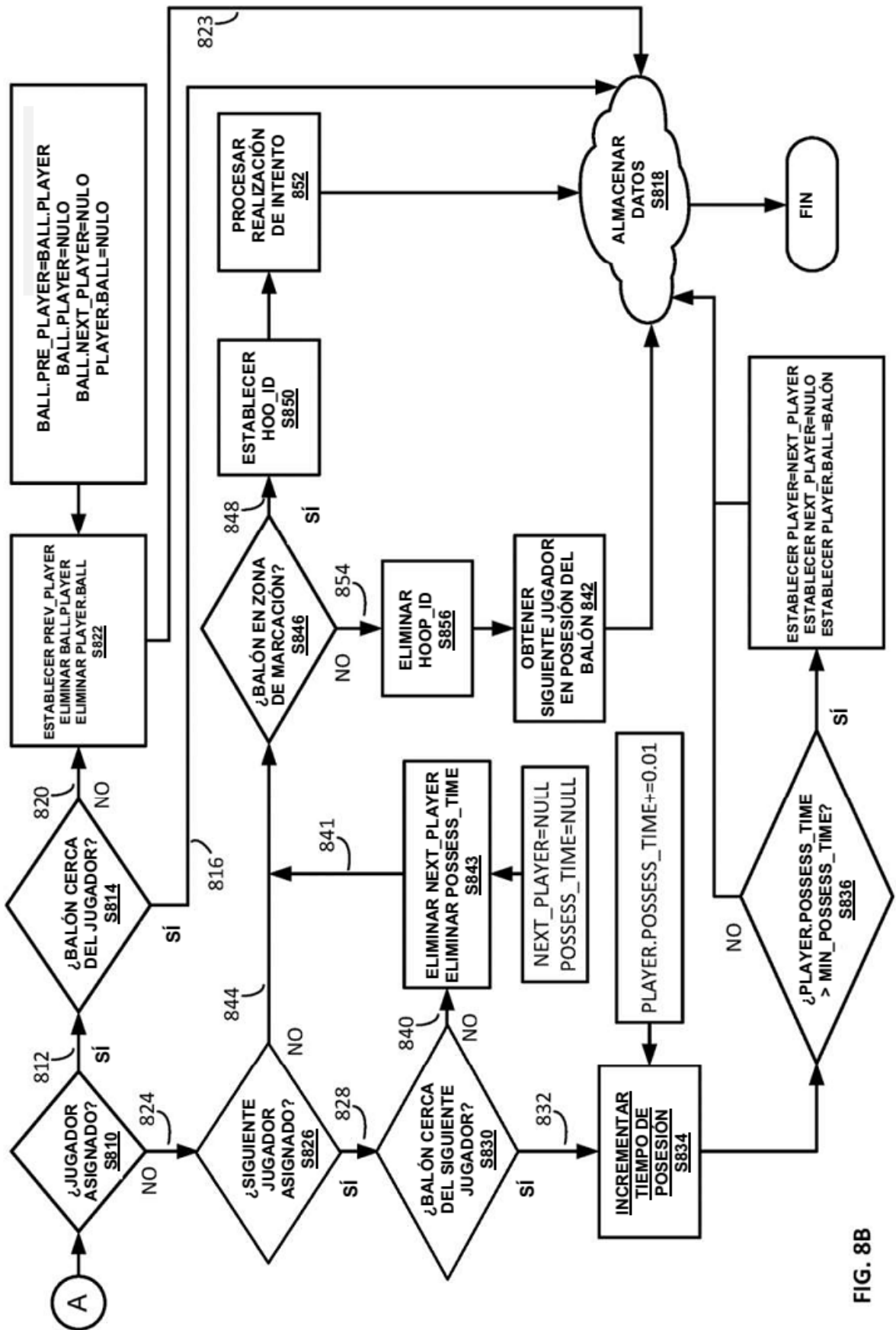


FIG. 8B

FIG. 9A

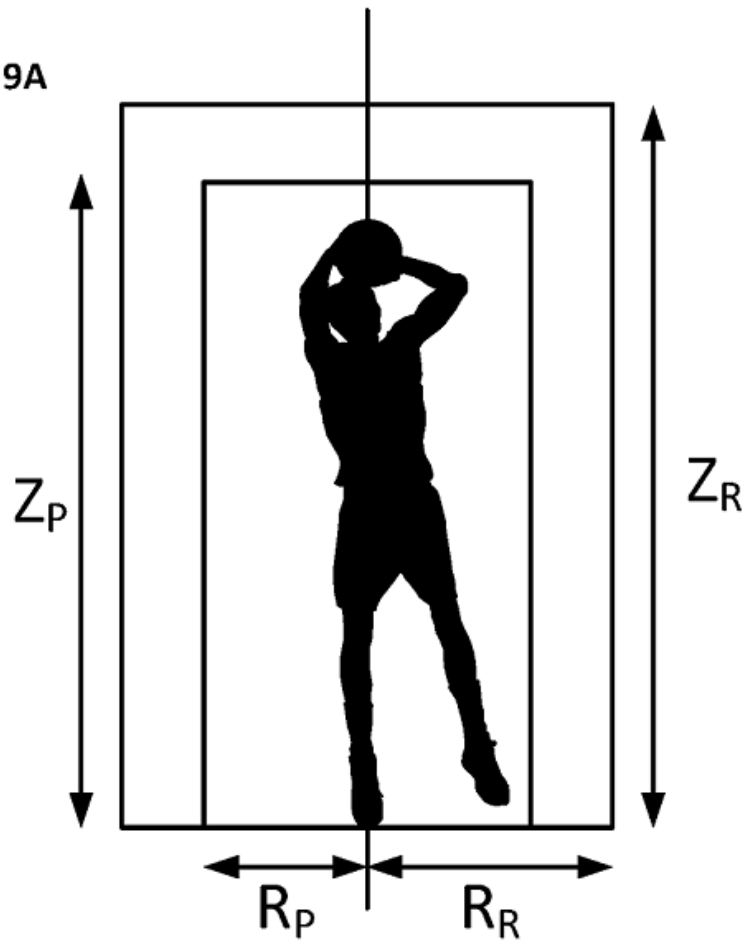


FIG. 9B

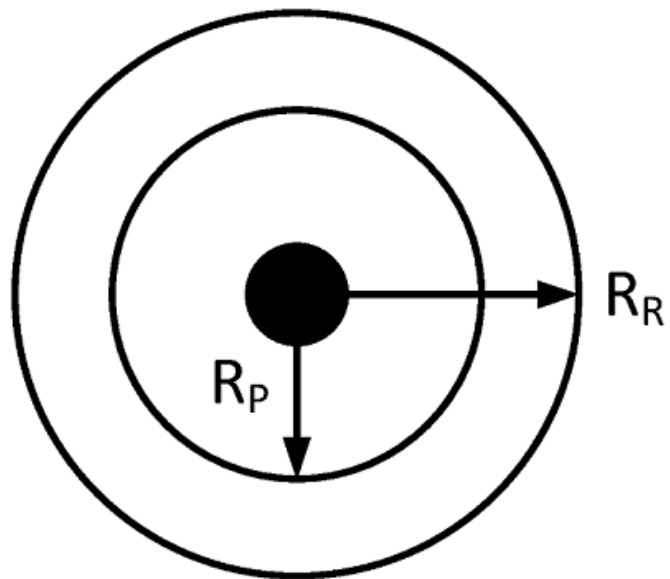
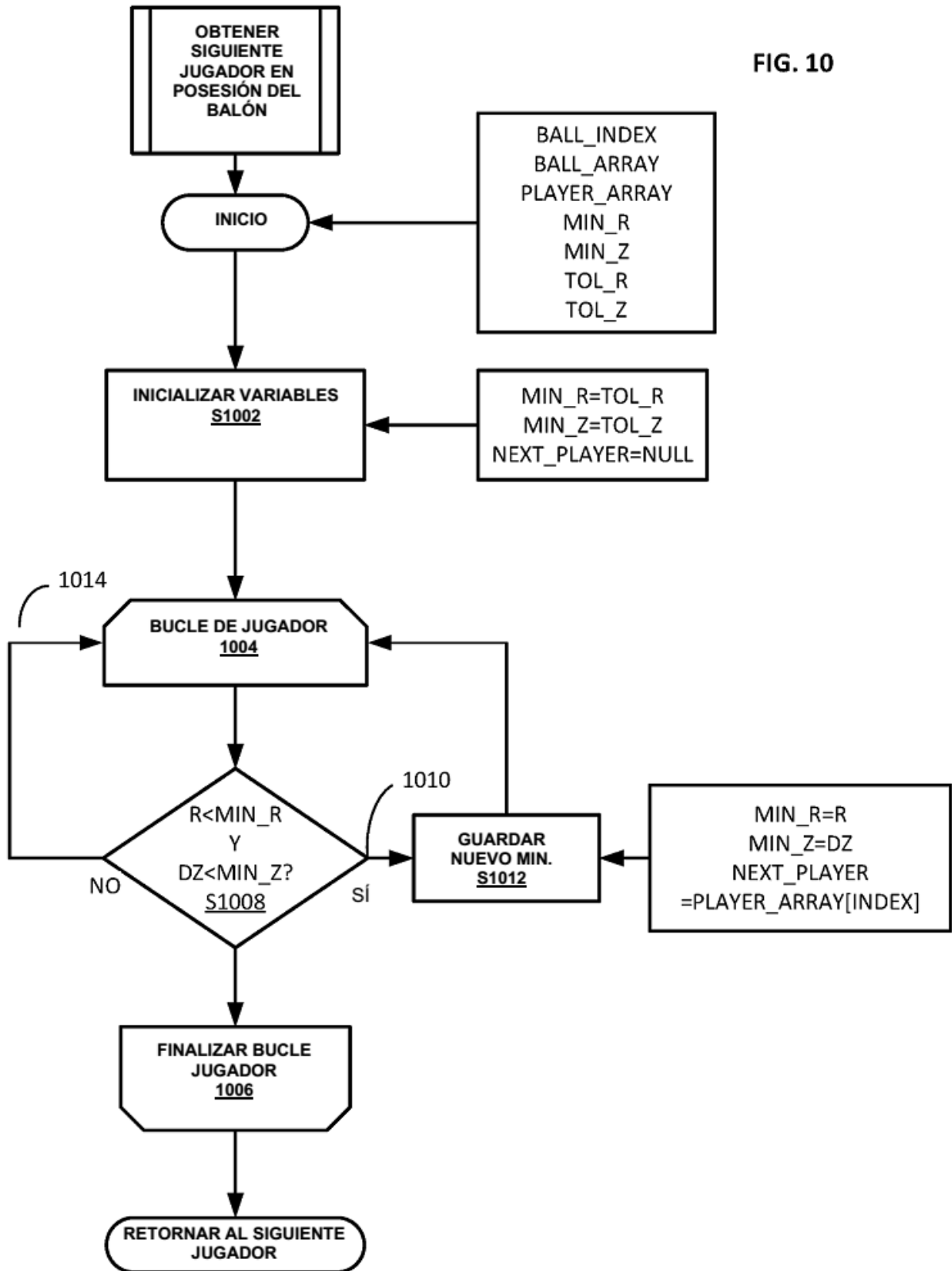


FIG. 10



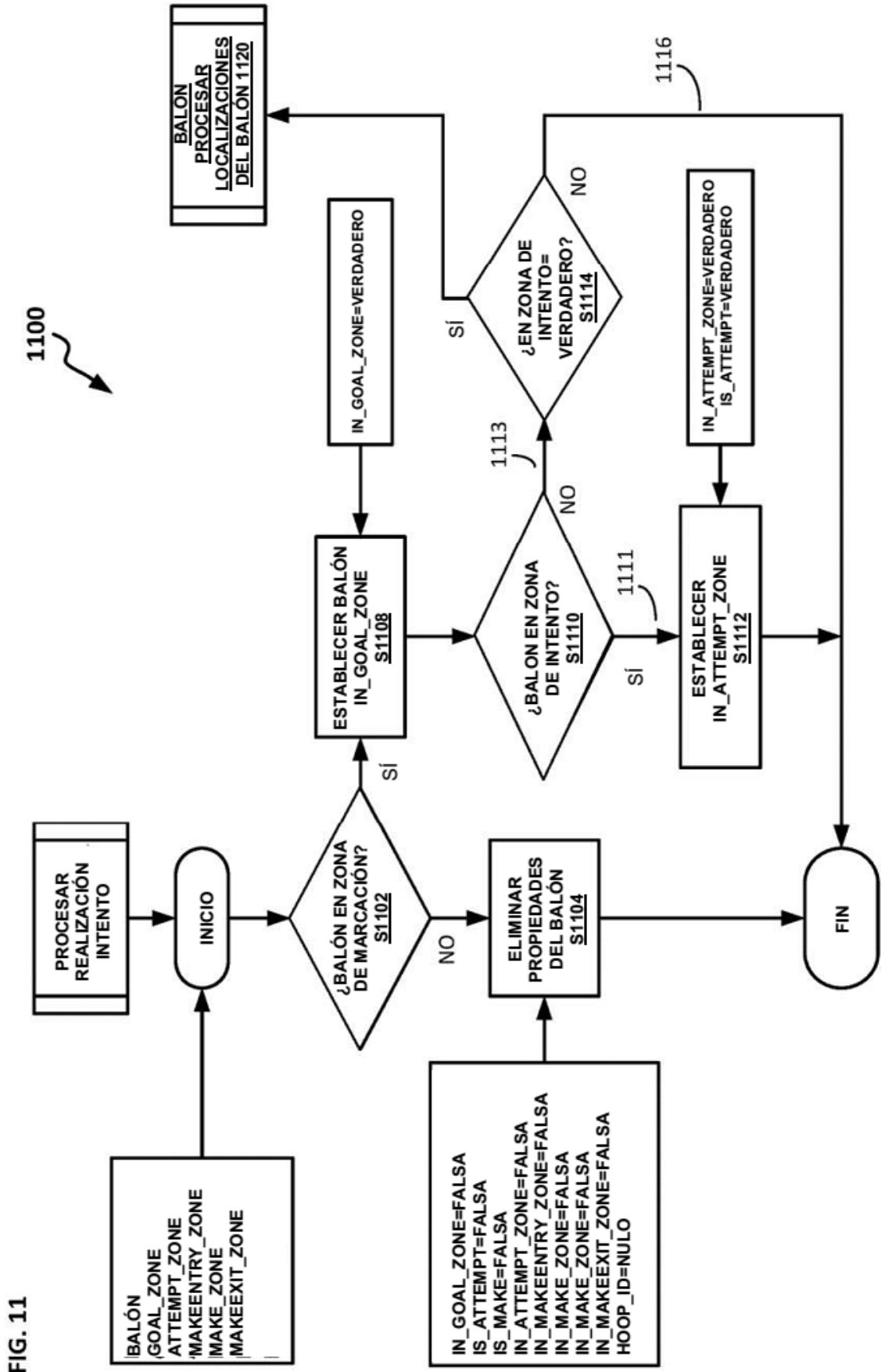


FIG. 12

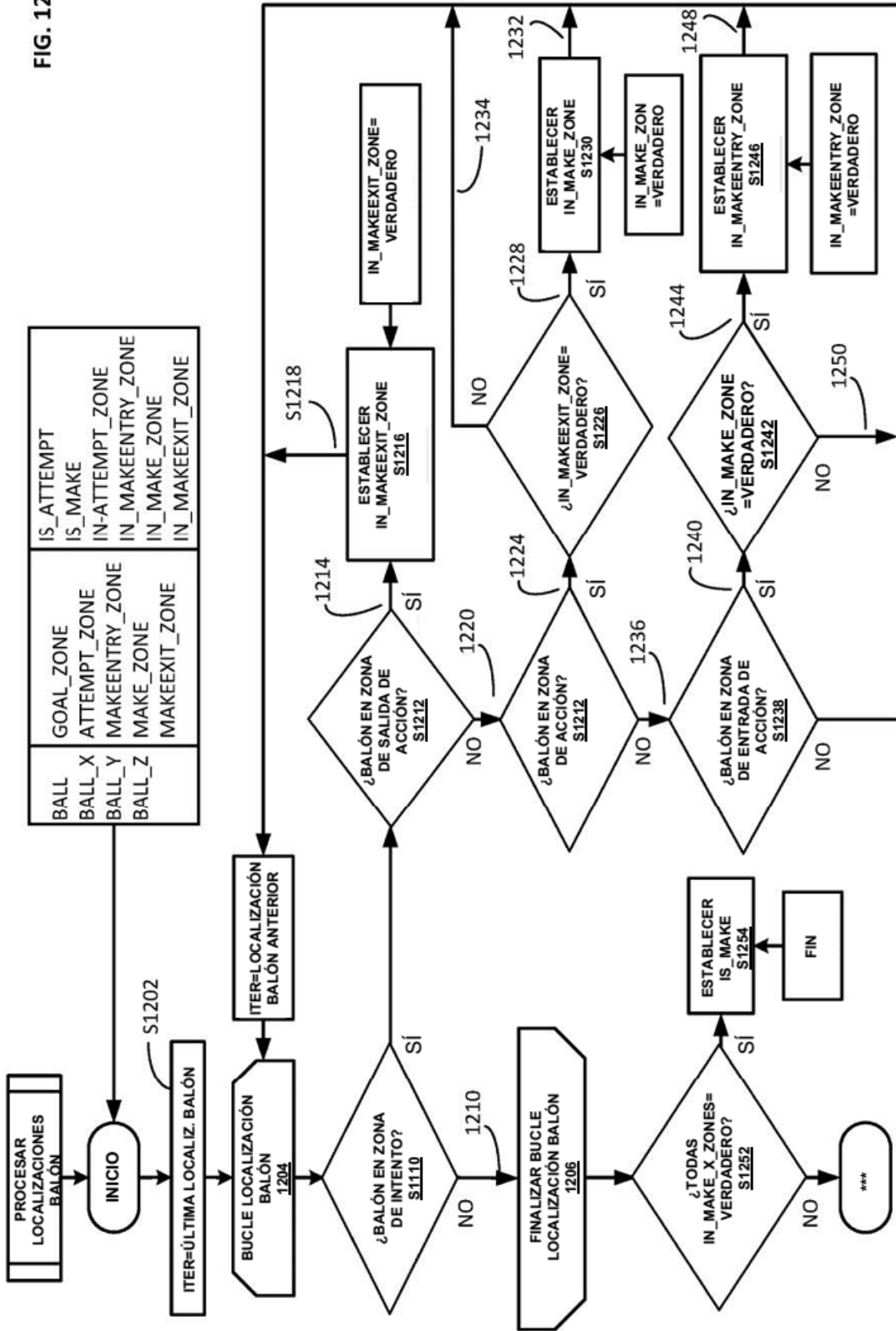
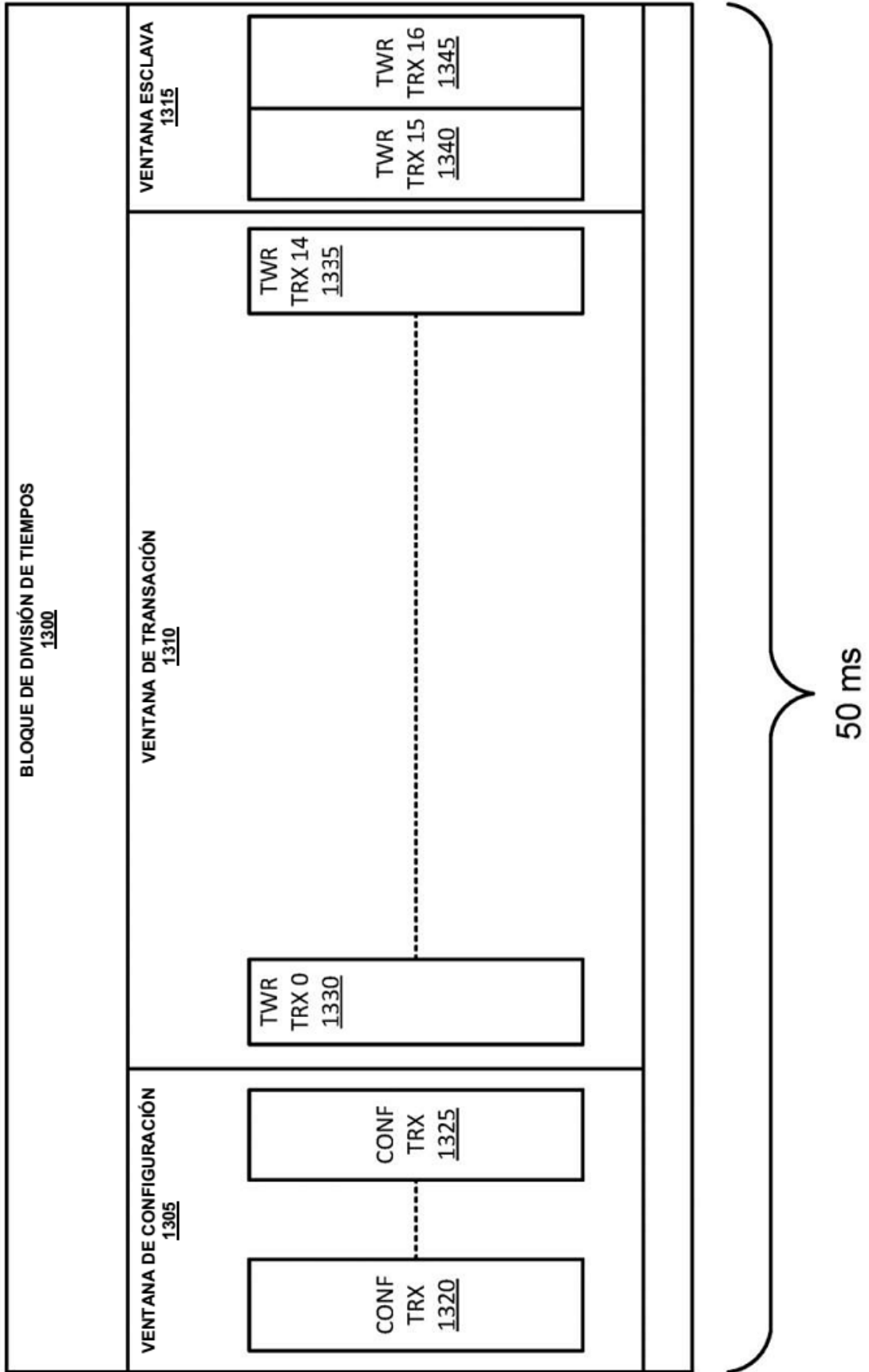


FIG. 13



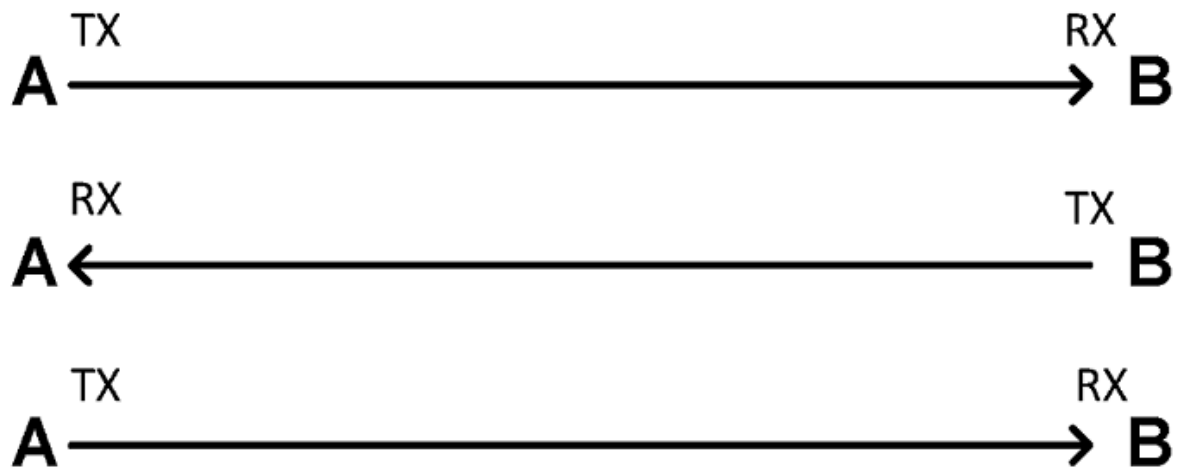


FIG. 14

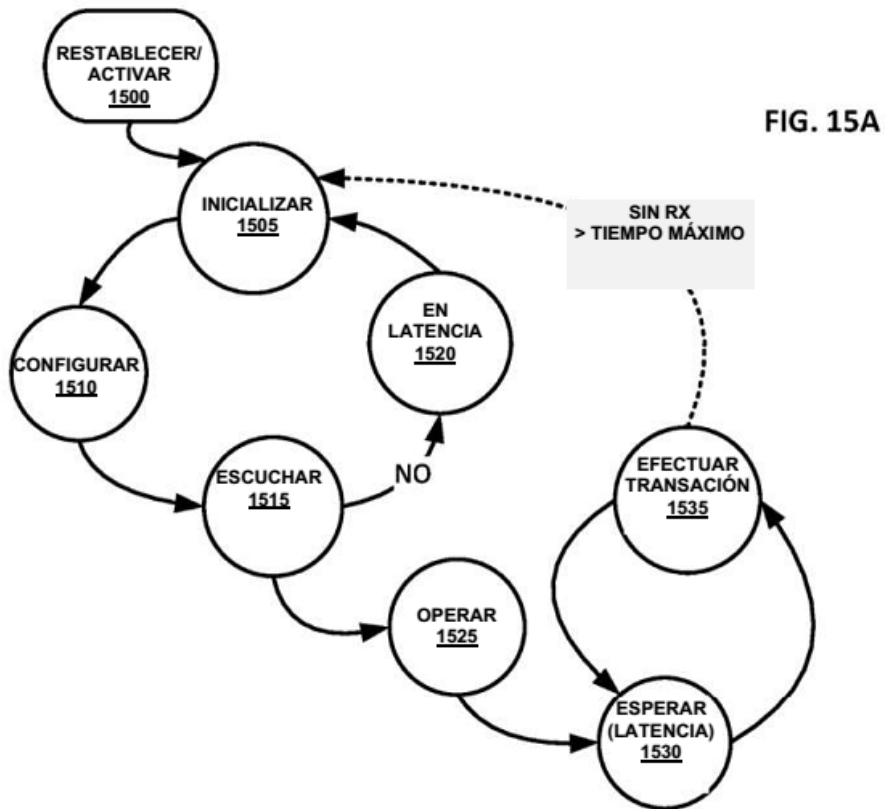
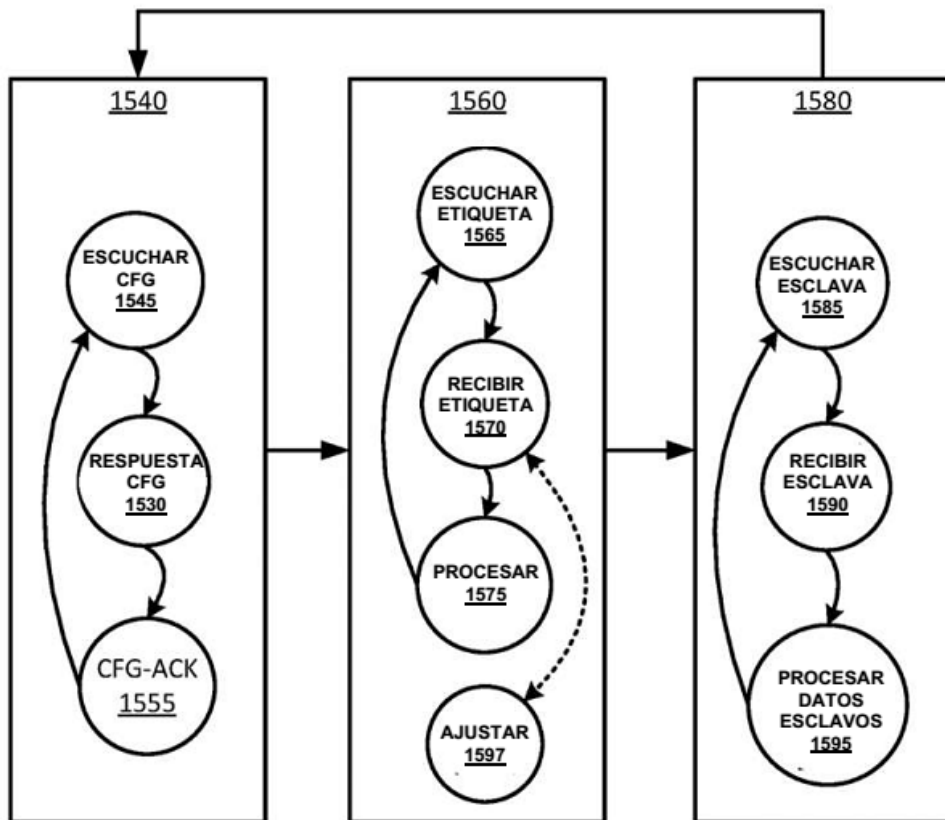


FIG. 15B



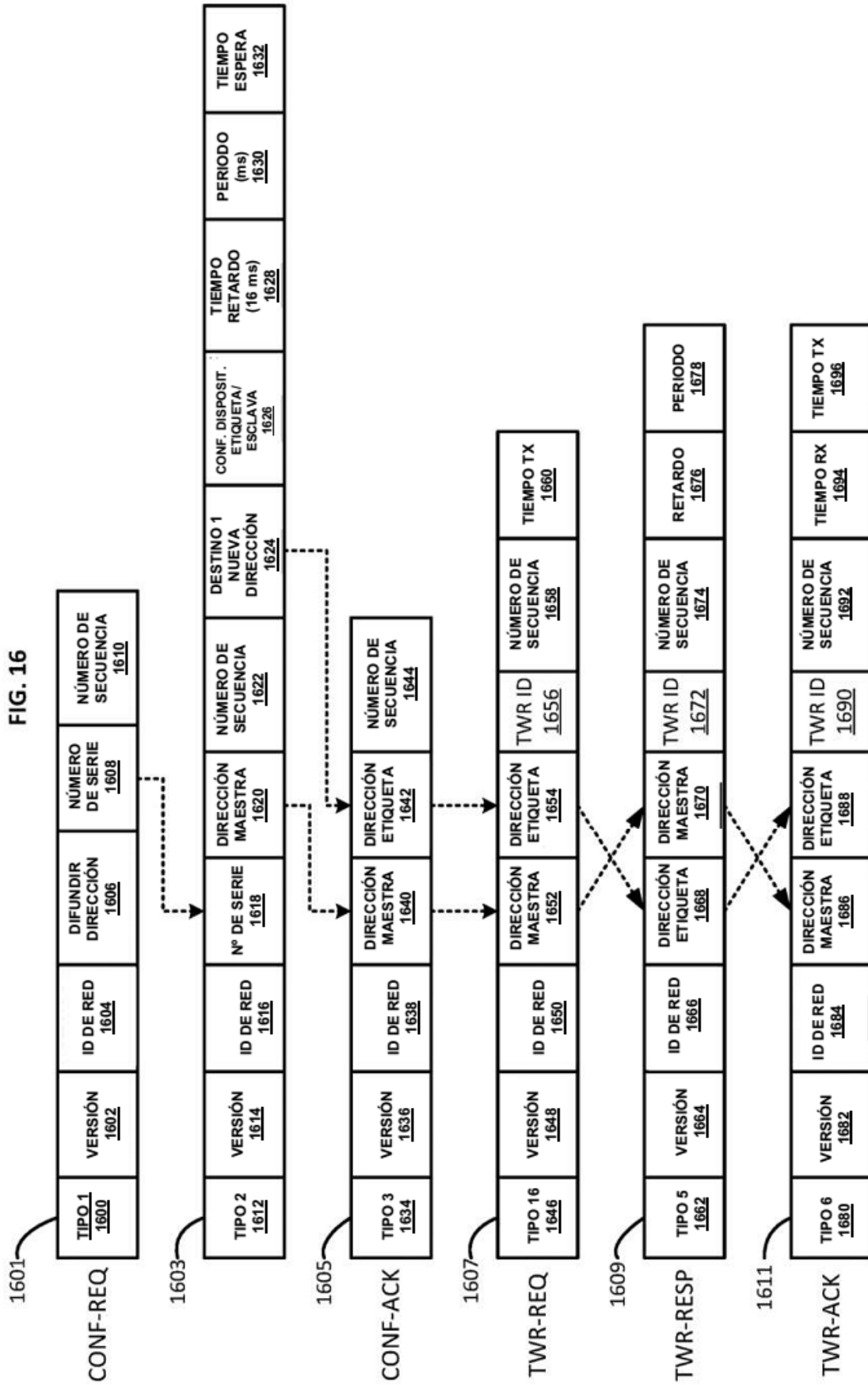


FIG. 17A

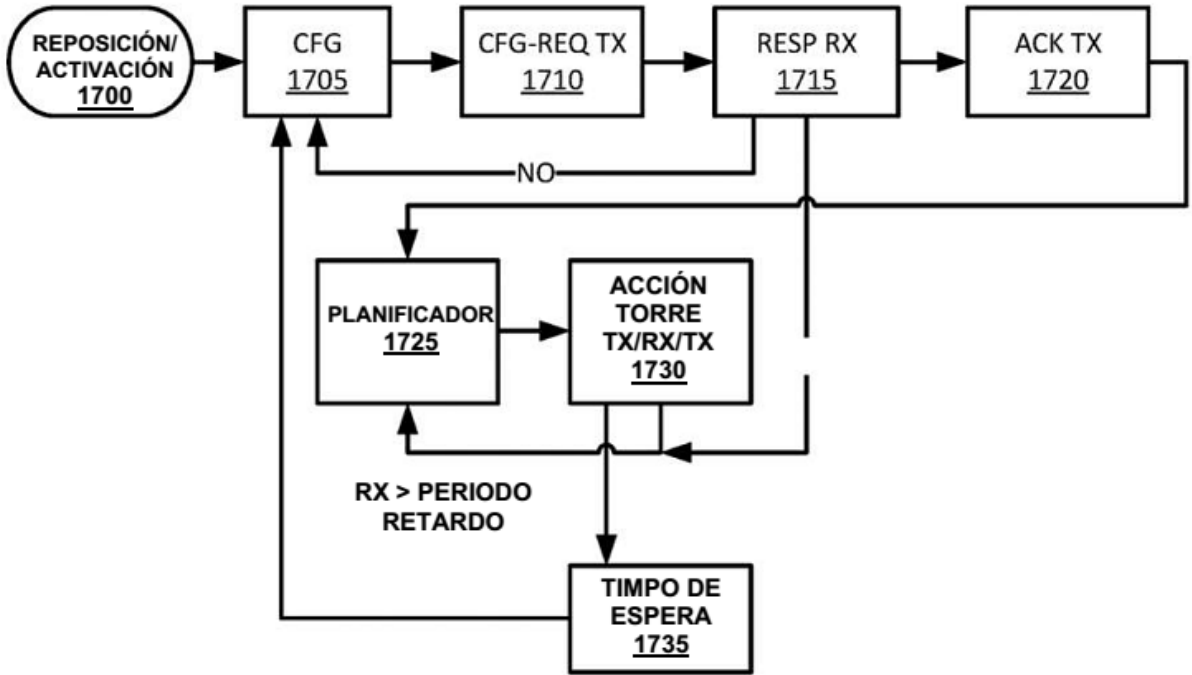


FIG. 17B

