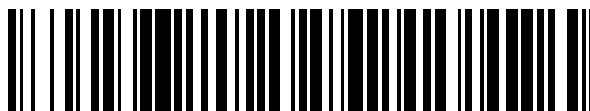


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 213**

51 Int. Cl.:

<b>H01Q 1/22</b>	(2006.01) <b>A63B 102/22</b>	(2015.01)
<b>H01Q 7/00</b>	(2006.01) <b>G01D 5/20</b>	(2006.01)
<b>H01Q 7/06</b>	(2006.01) <b>H01Q 7/08</b>	(2006.01)
<b>H01Q 21/28</b>	(2006.01)	
<b>A63B 24/00</b>	(2006.01)	
<b>A63B 63/00</b>	(2006.01)	
<b>A63B 71/06</b>	(2006.01)	
<b>A63B 102/24</b>	(2015.01)	
<b>A63B 102/20</b>	(2015.01)	
<b>A63B 102/34</b>	(2015.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2013** **E 13171735 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017** **EP 2814114**

54 Título: **Sistema de antenas y método para determinar el paso de un objeto desplazable a través de un plano de detección**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.02.2018**

73 Titular/es:  
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:  
**HARTMANN, MARKUS y  
DRÄGER, TOBIAS**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 652 213 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 antenas y método para determinar el paso de un objeto desplazable a través de un plano de detección.

Antecedentes

5 Las realizaciones se refieren a un sistema de antenas para determinar el paso de un objeto desplazable a través de un plano de detección y a un método para determinar dicho paso.

10 Son numerosas las aplicaciones donde se supervisan objetos con respecto a su movimiento, como por ejemplo en juegos deportivos. Los juegos deportivos, tales como por ejemplo el fútbol, el fútbol americano, el balonmano, el hockey sobre hielo, el hockey o similar, emplean reglas donde un equipo participante marca cuando un objeto desplazable, tal como un balón o similar, cruza un plano de detección predeterminado, como por ejemplo el plano de portería definido por una línea de portería y/o un marco de portería, p. ej., una portería de fútbol. La cuestión de si el balón pasó completamente el plano de portería es de máxima importancia para concluir si se ha conseguido marcar o no. Tradicionalmente, un árbitro toma esta decisión a partir de una observación visual. Especialmente en circunstancias donde el balón se mueve en la dirección de la portería y es devuelto rápidamente por el portero o un poste, es difícil determinar si el balón ha entrado completamente en la portería, es decir, si el balón ha cruzado suficientemente el plano/línea de portería.

15 Aparte de los sistemas ópticos basados en cámaras, algunos otros planteamientos proponen detectar el paso del balón a través de un plano de detección usando campos electromagnéticos y/o señales de evaluación obtenidas de los mismos. Algunos sistemas propuestos proporcionan campos magnéticos de diferente sentido en los lados opuestos del plano de detección y/o frecuencias diferentes y/o modulaciones diferentes, junto con sensores dentro del objeto móvil o del balón bajo observación. Es decir, un sensor dentro del objeto desplazable puede supervisar el campo (electro) magnético y determina que el mismo pasó a través del plano de detección cuando cambia la orientación del campo magnético. En ese caso, el objeto móvil o un transceptor contenido en el mismo puede transmitir información, sobre que se ha detectado el paso del objeto desplazable o móvil a través del plano de detección, a un circuito receptor, de manera que sea capaz de indicar si el balón está en el interior de la portería o no.

20 Otros sistemas utilizan dos cuadros de antena en cada lado del plano de detección, en donde cada cuadro de antena recibe una señal de alta frecuencia con fase opuesta de manera que proporciona campos magnéticos que se cancelan entre sí fuera del plano de detección en el medio de los dos cuadros. Un tercer cuadro de antena de recepción, que define un plano de detección, está desplegado para recibir una perturbación de campo de un objeto móvil que pasa a través de la instalación, de manera que es capaz de concluir, tras la aparición de una señal en el cuadro de la antena de recepción, que un balón o un objeto móvil pasó el plano de dicho cuadro de la antena de recepción.

25 A fin de proporcionar o recibir el campo (electro) magnético usado para la detección, esos sistemas utilizan cuadros de antena que rodean completamente una zona de interés o una zona de detección dentro del plano de detección, tal como por ejemplo un marco de portería. Esos sistemas adolecen de una resolución espacial disminuida, dado que apenas es factible la generación de una configuración de campo precisa sobre grandes zonas.

30 Unos sistemas usuales de antenas para detectar objetos móviles son conocidos de los documentos EP 1 489 572 A1, EP 1 987 497 A1, EP 0 227 453 A2 y WO 2009/046722 A1.

35 EP 1 489 572 A1 describe un sistema de antenas de Vigilancia electrónica de artículos (EAS) que incluye al menos una antena de transmisión y al menos una antena receptora de núcleo amorfo adaptada para su instalación sobre el suelo, en la zona de lechada de dicho suelo o bajo el piso de un pasillo. Se proporciona también un sistema EAS que incluye al menos una antena de cuadro perimétrica adaptada para extenderse alrededor de todo el perímetro de un pasillo. El sistema puede incluir además al menos una antena de suelo adaptada para su instalación dentro de una zona del suelo de un pasillo y al menos una antena de techo adaptada para su instalación adyacente al techo del pasillo.

40 EP 1 987 497 A1 describe un sistema de antenas de vigilancia electrónica de artículos con zonas de interrogación anchas que tiene varias antenas transceptoras de núcleo que pueden conectarse, cada una de ellas, a un transmisor. Las antenas transceptoras de núcleo están adaptadas para ser instaladas adyacentes al techo de la zona ancha de interrogación y generan una señal de interrogación al interior de la zona ancha de interrogación. Cada una de las antenas transceptoras de núcleo puede conectarse a un receptor para recibir y detectar una señal de respuesta desde un marcador de vigilancia electrónica dispuesto en la zona ancha de interrogación. El sistema tiene también unas bobinas de antena transceptora que pueden conectarse, cada una de ellas, al transmisor y están adaptadas para ser instaladas adyacentes al suelo de la zona ancha de interrogación. Las bobinas de antena transceptora generan la señal de interrogación al interior de la zona ancha de interrogación y cada una puede conectarse también al receptor para recibir y detectar la señal de respuesta desde el marcador de vigilancia electrónica dispuesto en la zona ancha de interrogación.

EP 0 227 453 A2 describe un dispositivo aceptador de monedas programable que se reprograma fácilmente para aceptar diferentes conjuntos de monedas. El dispositivo aceptador incluye un detector que genera un campo magnético alterno a través de dos trayectorias de flujo espacialmente simétricas. Una bobina detectora está dispuesta en cada una de las trayectorias de flujo. Cuando se está usando el dispositivo aceptador, se hace pasar una moneda a través de una de las trayectorias de flujo. La diferencia resultante en el flujo por las dos trayectorias induce un voltaje a través de las bobinas detectoras. Se obtienen la amplitud de este voltaje y su fase con relación al voltaje de excitación y se comparan con la información almacenada para determinar si se debería aceptar la moneda. La información almacenada puede cambiarse fácilmente para un nuevo conjunto de monedas conmutando el dispositivo aceptador al modo de programación y haciendo pasar las monedas seleccionadas del conjunto de monedas a través del detector de una manera predeterminada.

WO 2009/046722 A1 describe un sistema para la detección de si un objeto desplazable, tal como un objeto deportivo, p. ej., un balón de fútbol o un disco de hockey sobre hielo, ha pasado el plano de portería. Se conoce cómo rodear el plano de portería con conductores para producir un campo electromagnético a fin de excitar medios emisores de señales en el objeto desplazable, detectando alternativamente la señal emitida por los medios emisores. Con la presente invención, estos circuitos se seccionan en una pluralidad de circuitos independientes, que proporciona una resolución espacial mejorada del sistema, particularmente cuando el objeto desplazable está próximo a los conductores.

Se desea proporcionar sistemas y métodos mejorados para determinar el paso de un objeto móvil o desplazable a través de un plano de detección.

#### Compendio

Este deseo se consigue gracias a un sistema de antenas y un método para determinar el paso de un objeto desplazable a través de un plano de detección según las reivindicaciones independientes.

Las realizaciones están basadas en el descubrimiento de que el paso de un objeto móvil a través de un plano de detección o su zona de interés puede detectarse generando un campo (electro) magnético excitador o de excitación mediante una instalación de antenas que cubre la zona de interés dentro del plano de detección, tal como, p. ej., un marco de portería en un plano de portería. Este campo (electro) magnético de excitación puede ser recibido y reflejado, al menos parcialmente, por una antena adicional colocada en o dentro del objeto desplazable, tal como, p. ej., un artículo del equipamiento deportivo, tal como un balón, un disco o similar. El campo (electro) magnético reflejado puede ser recibido de nuevo por una o más antenas sensoras situadas alrededor de la zona de interés o la zona de detección del plano de detección. De la evolución del sensor o la señal de recepción, puede detectarse cuándo el objeto desplazable o móvil pasa o cruza el plano de detección. Es posible emplear antenas de cuadro como antenas excitadoras y/o sensoras. Para mejorar más la calidad de la señal de recepción, las realizaciones proponen una instalación de antenas especial que emplea núcleos magnéticos en las antenas sensoras a fin de intensificar una detección de la señal de recepción.

Según un primer aspecto, las realizaciones proporcionan un sistema de antenas para determinar el paso de un objeto desplazable o móvil a través de una zona de detección dentro de un plano de detección. El sistema de antenas comprende al menos una antena de excitación o excitadora configurada para proporcionar un campo electromagnético de excitación, en donde el campo electromagnético de excitación o al menos una componente espacial o vectorial del mismo, tiene una intensidad de campo (magnético) por encima de un cierto umbral de intensidad de campo dentro de la zona de detección. La componente vectorial puede ser una componente que es perpendicular al plano de detección. Por ello, el campo electromagnético de excitación es capaz de excitar el objeto desplazable o móvil para emitir una señal de respuesta electromagnética que comprende información sobre una posición o un lugar del objeto desplazable. Además, el sistema de antenas comprende al menos una antena sensora que tiene un núcleo magnético para recibir la señal de respuesta electromagnética. Por ello, el núcleo magnético está situado en una zona del campo electromagnético de excitación proporcionado en la que una intensidad de campo del campo electromagnético de excitación o al menos una componente espacial (o vectorial) del mismo está por debajo de dicho umbral de intensidad de campo. Por ejemplo, el núcleo magnético puede estar situado en una zona del campo electromagnético de excitación proporcionado, en la que el campo electromagnético o una componente vectorial del mismo paralela a un eje longitudinal del núcleo magnético tenga esencialmente una intensidad de campo nula.

Según un segundo aspecto, se proporciona una portería, p. ej., una portería de fútbol, que tiene acoplada una realización del sistema de antenas, por ejemplo a una distancia predeterminada de una línea de portería. En tales realizaciones, el plano de detección puede ser paralelo al plano de portería o coincidir con el mismo, es decir, el plano definido por la línea de portería y el marco de portería de la portería. Por consiguiente, con tales realizaciones, se puede conseguir la detección de goles automatizada y fiable.

Según un aspecto adicional, algunas realizaciones proporcionan también un método para determinar el paso de un objeto desplazable a través de una zona de detección dentro de un plano de detección. El método comprende proporcionar, mediante al menos una antena excitadora, un campo electromagnético de excitación, en donde el campo electromagnético de excitación o al menos una componente espacial del mismo, tiene una intensidad de

campo (magnético) por encima de un umbral de intensidad de campo dentro de la zona de detección. La componente vectorial puede ser una componente que es perpendicular al plano de detección. Por ello, el campo electromagnético de excitación es capaz de excitar el objeto desplazable para emitir una señal de respuesta electromagnética que comprende información sobre una posición del objeto desplazable. El método comprende también recibir la señal de respuesta electromagnética mediante al menos una antena sensora que comprende un núcleo magnético, en donde dicho al menos un núcleo magnético está situado en una zona del campo electromagnético de excitación en la que una intensidad de campo del campo electromagnético de excitación o al menos una componente espacial del mismo está por debajo de dicho umbral de intensidad de campo, es decir, en una zona de intensidad de campo baja o próxima a cero. Por ejemplo, el núcleo magnético puede estar situado en una zona del campo electromagnético de excitación proporcionado, en la que el campo electromagnético o una componente vectorial del mismo paralela a un eje longitudinal del núcleo magnético tiene esencialmente una intensidad de campo nula. Esta zona puede estar en el plano de detección o muy próxima al mismo.

En las realizaciones, el campo electromagnético de excitación puede ser un campo electromagnético alterno generado mediante una corriente excitadora alterna a través de dicha al menos una antena excitadora. Por ello, la corriente excitadora alterna puede estar compuesta por al menos una señal de corriente alterna de una o más frecuencias diferentes.

Según las realizaciones, el núcleo magnético puede estar posicionado o situado esencialmente en el plano de detección, sin embargo, de manera preferible, pero no necesaria, en el exterior de la zona de detección, que puede estar indicada también como zona de interés dentro del plano de detección. La zona en la que la intensidad de campo del campo electromagnético de excitación está por debajo del umbral de intensidad de campo se puede obtener debido a la superposición destructiva, al menos parcial, de subcampos (magnéticos) generados por conductores eléctricos diferentes de la antena excitadora. Por ejemplo, los conductores eléctricos pueden estar dispuestos simétricamente alrededor de la zona. En particular, la disposición de los conductores eléctricos de la antena excitadora puede ser tal que al menos dos de las tres componentes espaciales mutuamente perpendiculares del campo electromagnético de excitación superpuesto se anulen esencialmente dentro del plano de detección. Solamente la tercera componente de campo magnético que cruza el plano de detección perpendicularmente no se anula y contribuye a una intensidad de campo magnético por encima del umbral de intensidad de campo. En vez de eso, esta tercera componente de campo, que forma una normal del plano de detección, puede estar maximizada debido a la superposición constructiva de los subcampos.

En otras palabras, dicha al menos una antena excitadora puede estar configurada para proporcionar un campo electromagnético de excitación, de manera que dos de las tres componentes espaciales o vectoriales mutuamente perpendiculares del campo electromagnético de excitación se anulan ideal o esencialmente dentro del plano de detección. Por ello, la tercera componente que no se anula del campo electromagnético de excitación, que forma una normal del plano de detección, es capaz de excitar el objeto desplazable para emitir una señal de respuesta electromagnética que comprende información sobre una posición o un lugar del objeto desplazable. Además, el sistema de antenas comprende al menos una antena sensora que tiene un núcleo magnético para recibir la señal de respuesta electromagnética. Por ello, el núcleo magnético está situado esencialmente en el plano de detección, de manera que un eje principal o longitudinal del núcleo magnético se extiende en el plano de detección y perpendicularmente a la tercera componente que no se anula del campo electromagnético de excitación.

En otras palabras, las realizaciones sugieren usar al menos una antena sensora, preferiblemente más de una, que comprende un núcleo magnético, respectivamente, aunque la intensidad de campo del campo (electro) magnético de excitación prohibiría normalmente el uso de núcleos magnéticos en la antena sensora debido a los efectos de saturación del material de núcleo. Se puede entender un núcleo magnético como una pieza de material magnético con alta permeabilidad utilizada para confinar y guiar campos magnéticos en dispositivos eléctricos, electromecánicos y magnéticos, tales como electroimanes, transformadores, motores eléctricos, inductores y conjuntos magnéticos. Dicho núcleo puede comprender o hacerse de metal ferromagnético, tal como hierro, o compuestos ferrimagnéticos tales como ferritas. Por consiguiente, dicho al menos un núcleo magnético puede comprender ferrita, de manera que la antena sensora puede considerarse como una antena de ferrita. En las realizaciones, la relación de longitud/diámetro del núcleo magnético es alta. Por ejemplo, la relación de longitud/diámetro puede ser mayor que 10, o incluso mayor que 20.

Normalmente, sin una colocación especial, la alta permeabilidad del núcleo magnético, con relación al aire circundante, haría que las líneas de campo magnético del campo (electro) magnético de excitación se concentrasen en el material de núcleo, llevándolo por ello a la saturación. Esta saturación del núcleo magnético de la antena sensora entraría normalmente en conflicto con su capacidad para detectar la señal de respuesta electromagnética reflejada relativamente débil del objeto desplazable. Nótese que la intensidad de campo de la señal de respuesta electromagnética retrodispersada puede ser alrededor de 50 dB a 110 dB más débil que la intensidad de campo del campo (electro) magnético de excitación dentro de la zona de detección del plano de detección. Por ejemplo, la zona de detección o zona de interés puede ser una superficie abierta de portería en algunas realizaciones. Sin embargo, si la antena sensora o al menos su núcleo magnético está colocado dentro de una zona del campo (electro) magnético de excitación o una componente del mismo paralela al eje longitudinal del núcleo magnético que tiene una intensidad de campo por debajo del umbral predefinido de la intensidad de campo, el núcleo magnético se puede usar para detectar ventajosamente la débil señal de respuesta electromagnética retrodispersada. Para este

fin, las realizaciones sugieren diversas configuraciones de antena que permiten la generación del campo magnético de excitación (alterno) que tiene zonas débiles por debajo del umbral mencionado de la intensidad de campo. Según algunas realizaciones, este valor umbral de intensidad de campo magnético (relacionado con el campo de excitación alterno) se puede elegir para que permita la excitación de la señal de respuesta electromagnética. Por ejemplo, el umbral de intensidad de campo magnético puede estar en el intervalo de 0,01 A/m a 10 A/m, más preferiblemente en el intervalo de  $10^{-3}$  A/m a  $10^{-1}$  A/m.

Según las realizaciones, dicha al menos una antena excitadora se puede hacer funcionar para emitir un campo electromagnético alterno de excitación, excitando el campo electromagnético de excitación el objeto móvil para la emisión de un campo electromagnético reflejado o retrodispersado que transporta la señal de respuesta a una antena sensora. Es decir, cuando se utilizan objetos desplazables que no emplean sus propias fuentes de energía, el campo electromagnético de excitación puede proporcionar energía para el objeto desplazable de manera que permite que dicho objeto desplazable emita o retrodispersar un campo electromagnético en respuesta al campo electromagnético de excitación. Según algunas realizaciones, la misma antena utilizada para recibir el campo electromagnético emitido o reflejado por el objeto desplazable puede proporcionar el campo electromagnético de excitación, es decir, tanto la antena excitadora como la antena sensora pueden estar realizadas por una estructura común de antena, como se explicará con más detalle. Con este propósito, se pueden evitar las señales de diafonía que pueden perturbar la recepción del campo electromagnético del objeto móvil. Las señales de diafonía pueden producirse de otro modo, cuando una antena excitadora independiente genere el campo electromagnético de excitación. La emisión de un campo magnético mediante un objeto móvil puede entenderse, por lo tanto, que es la generación de un campo magnético y/o un campo eléctrico mediante un emisor/transmisor al que se suministra energía mediante una fuente independiente de energía, así como mediante la retrodispersión de un campo magnético y/o eléctrico de suministro de energía. La emisión de un campo magnético puede entenderse también, sin embargo, como cualquier otro mecanismo empleado por el objeto móvil, de manera que genera una señal de recepción detectable en la antena sensora del sistema de antenas. Por lo tanto, la emisión de un campo magnético comprende también la posibilidad de transferir adicionalmente información desde el objeto móvil hasta el sistema de antenas mediante modulación de carga. Para transferir información, se modula el factor de calidad del circuito resonante en el objeto móvil, mientras que una condición de fase de la señal de recepción se puede seguir utilizando para detectar el paso del objeto móvil a través del plano de detección.

Según algunas realizaciones, una configuración de antenas puede ser tal que dicha al menos una antena excitadora comprende al menos una antena de cuadro excitadora, en donde la antena de cuadro excitadora puede abarcar el plano de detección. Esto significa que una superficie abierta de la antena de cuadro excitadora es paralela al plano de detección o coincide con el mismo, es decir, la superficie abierta de la antena de cuadro excitadora y el plano de detección tienen líneas normales o perpendiculares paralelas. Correspondientemente, la antena sensora puede comprender al menos una antena de cuadro sensora que comprende uno o más arrollamientos conductores alrededor del núcleo magnético, en donde la antena de cuadro sensora puede abarcar un plano de antena sensora que es esencialmente perpendicular al plano de detección. Esto significa que una superficie abierta de la antena de cuadro sensora (es decir, sus arrollamientos) es paralela al plano de antena sensora o coincide con el mismo. En algunas realizaciones, el plano de antena sensora puede considerarse también como un plano de simetría de la antena de cuadro sensora, en donde un eje longitudinal del núcleo magnético forma esencialmente una normal del plano de antena sensora. Es decir, el plano de antena sensora puede cruzar perpendicularmente la parte central del núcleo magnético montado. Esto significa que la superficie abierta de dicha al menos una antena de cuadro excitadora y dicha al menos una antena de cuadro sensora pueden ser esencialmente perpendiculares entre sí. El término "esencialmente" se usa para cubrir también las tolerancias de producción que pueden conducir al hecho de que es posible que no se alcance una perpendicularidad exacta. Sin embargo, incluso con las tolerancias de producción, se puede entender la perpendicularidad como que abarca un ángulo de  $90^\circ \pm 10^\circ$ . Por consiguiente, algunas realizaciones sugieren usar antenas de cuadro tanto en el extremo de excitación como en el de detección del sistema de antenas. Por ello, un antena de cuadro se puede entender como una antena de radio que comprende un cuadro (o una pluralidad de cuadros) de hilo, tubo, o de otro conductor eléctrico con sus extremos conectados a una línea de transmisión (equilibrada).

En algunas realizaciones, dicho al menos un núcleo magnético del cuadro de antena sensora puede estar situado dentro de una zona predefinida alrededor de una intersección (lineal) del plano de detección y el plano de antena sensora. Nótese que la intersección del plano de detección y el plano de antena sensora puede estar situada en el exterior de la zona de detección o la zona de interés dentro del plano de detección, p. ej., en el exterior de la superficie abierta de una portería rodeada por su marco. Aunque el centro o la parte central del núcleo magnético puede que no coincida exactamente de modo necesario con el plano de detección en algunas realizaciones, seguiría siendo preferible para una instalación de antenas simétricas. Si el eje longitudinal del núcleo magnético de la antena (de cuadro) sensora está situado dentro del plano de detección, pueden esperarse buenos resultados de detección.

Por consiguiente, se puede utilizar una antena de cuadro sensora para detectar una componente de campo magnético de un campo electromagnético retrodispersado, en donde la orientación de la antena de cuadro sensora, es decir, la superficie abierta bordeada por los conductores del cuadro o cuadros de antena sensora pueden ser perpendiculares al plano de detección. En otras palabras, la normal de la superficie abierta puede ser paralela al plano de detección o coincidir con el mismo. Utilizando tal antena de cuadro sensora, la antena sensora puede ser sensible a una componente de campo del campo magnético emitido por el objeto desplazable, que es paralela al

plano de detección. Las realizaciones pueden ayudar a determinar si una condición de fase de una señal de recepción recibida en un terminal de señales de la antena de cuadro sensora cambia según una condición predeterminada.

5 Según algunas realizaciones, esta componente de campo puede experimentar un cambio en su dirección cuando el objeto desplazable o móvil pasa a través del plano de detección. Es decir, la señal de recepción en un terminal de señales de la antena de cuadro sensora experimenta un cambio de fase cuando el objeto móvil se mueve a través del plano de detección o cruza el mismo. Un cambio de fase se puede determinar con máxima precisión, lo que permite la determinación con alta precisión de si el objeto móvil ha pasado a través del plano de detección.

10 Algunas realizaciones sugieren formar dicha al menos una antena (de cuadro) de excitación mediante un conductor de corriente eléctrica hueco, por ejemplo, que comprende cobre o aluminio. El campo magnético en el exterior del conductor hueco parece el mismo que el campo magnético en el exterior de un conductor "normal" que lleva corriente, mientras que será esencialmente nulo el campo magnético en el interior del conductor hueco. Por lo tanto, dicha al menos una antena (de cuadro) sensora puede comprender dicho al menos un núcleo magnético en el interior del conductor de corriente eléctrica hueco, situando por ello el núcleo magnético en una zona del campo (electro) magnético de excitación que es esencialmente nulo y, con ello, por debajo del umbral de intensidad de campo antes mencionado.

20 A fin de permitir mejor una detección de la señal de respuesta electromagnética retrodispersada relativamente débil desde el objeto móvil, algunas realizaciones sugieren proporcionar partes eléctricamente no conductoras en una envoltura exterior, de otro modo eléctricamente conductora, del conductor eléctrico hueco para hacer pasar la señal de respuesta electromagnética al núcleo magnético de dicha al menos una antena sensora en el interior del conductor hueco. Tales partes no conductoras pueden ser agujeros, rendijas, etc. en la envoltura exterior del conductor hueco. En otras realizaciones, las partes no conductoras se pueden proporcionar también incrustando material no conductor en el material, de otro modo conductor, del conductor hueco. Para unos resultados de detección posiblemente buenos, una posición de las partes no conductoras debería corresponder preferiblemente a una posición del núcleo magnético en el interior del conductor hueco. Es decir, debería haber un solapamiento posicional entre el núcleo magnético en el interior del conductor hueco y las partes no conductoras en la envoltura exterior. En algunas realizaciones, la envoltura exterior eléctricamente conductora puede tener partes que son suficientemente delgadas para permitir una entrada de la señal de respuesta electromagnética en la envoltura exterior. Es decir, las partes delgadas pueden tener un grosor sustancialmente menor que la profundidad superficial del material de la envoltura exterior a la frecuencia de la señal de respuesta electromagnética (alterna) retrodispersada.

35 Como se ha mencionado en la parte de introducción, las realizaciones pueden ser particularmente útiles con fines de detección de goles en juegos deportivos como fútbol, balonmano, hockey, etc. Para tales realizaciones, dicha al menos una antena de excitación puede estar formada por un poste hueco y/o un travesaño de una portería. Es decir, el poste hueco o el marco de portería puede funcionar como el conductor hueco que forma el cuadro de antena de excitación. Correspondientemente, dicho al menos un núcleo magnético de la antena sensora y, por consiguiente, del cuadro de antena sensora, puede estar situado en el interior del poste hueco.

40 A fin de proporcionar la posibilidad de emitir el campo electromagnético de excitación, algunas realizaciones de la antena de cuadro excitadora pueden comprender un primer y un segundo terminales para proporcionar una señal de excitación a la antena de cuadro excitadora para generar el campo electromagnético de excitación. Una vez proporcionada a la antena de cuadro excitadora, la señal de excitación, que puede ser una señal electromagnética de corriente alterna, se puede transferir desde el primer terminal hasta el segundo terminal por una primera trayectoria de señal y una segunda trayectoria de señal, diferente, de la antena de cuadro excitadora. Es decir, la señal de excitación puede ser dividida dentro de la antena de cuadro excitadora para propagarse a lo largo de dos trayectorias de señal independientes desde el primer terminal hasta el segundo terminal, donde pueden sumarse de nuevo las trayectorias de señal divididas. Es decir, ambas trayectorias de señal pueden participar en la generación del campo electromagnético de excitación porque el campo magnético y el campo eléctrico generados por ambas trayectorias de señal están apuntando en la misma dirección de manera que permiten una interferencia o superposición constructiva de ambas partes en una zona de interés o una zona de detección en el plano de detección. Según algunas realizaciones, las trayectorias de señal primera y segunda pueden comprender un primer y un segundo segmentos conductores, respectivamente. Cada uno de los segmentos conductores se puede extender paralelo al plano de detección y en sus lados opuestos, con una distancia esencialmente idéntica a dicho plano de detección. Es decir, el plano de detección puede formar un eje de simetría para el primero y el segundo segmentos conductores. El campo electromagnético resultante de excitación, como se genera por una superposición de los campos magnéticos correspondientes a las dos trayectorias de señal, puede pasar a través del plano de detección, en una dirección perpendicular a dicho plano de detección, con una intensidad de campo alta, por encima de dicho umbral de intensidad de campo. Merece la pena señalar que las dos trayectorias de señal preferiblemente simétricas formadas por los dos segmentos conductores de la antena de cuadro excitadora pueden formar, al mismo tiempo, un cuadro de antena sensora que abarca un plano de antena sensora que es esencialmente perpendicular al plano de detección.

Dentro de una zona predefinida alrededor de una intersección del plano de detección y el plano de antena sensora, preferiblemente en un centro de simetría del cuadro de antena sensora, la intensidad de campo del campo de excitación generado será esencialmente nula o al menos por debajo del umbral de intensidad de campo. Esto es debido a la disposición esencialmente simétrica de los dos segmentos conductores alrededor del plano de detección, en donde los dos segmentos conductores pueden formar parte del cuadro de antena excitadora y parte del cuadro de antena sensora al mismo tiempo en algunas realizaciones. Por lo tanto, las realizaciones sugieren colocar o situar dicho al menos un núcleo magnético de la antena sensora (formada por los dos segmentos conductores) entre la primera y la segunda trayectorias de señal, dentro de una zona predefinida alrededor de una intersección del plano de detección y el plano de antena sensora. En particular, dicho al menos un núcleo magnético se puede colocar en el centro de simetría de los dos segmentos conductores.

Un objeto móvil al que se suministra energía mediante el campo electromagnético de excitación, como por ejemplo un objeto que comprende una etiqueta RFID (RFID = Identificación por radiofrecuencia) o similar, puede experimentar una intensidad de campo alta en la posición donde se produce el paso a través de la zona de detección dentro del plano de detección (debido a la componente de campo que no se anula perpendicular al plano de detección). Con este propósito, surgen problemas de configuraciones donde se puede evitar que la magnitud de la intensidad de campo del campo electromagnético de excitación experimente un mínimo en esta posición. Según algunas realizaciones, se puede utilizar un equipamiento deportivo, tal como un balón o similar, que puede comprender tres antenas de cuadro dispuestas en una orientación perpendicular por parejas una con respecto a las otras. Las tres antenas pueden estar conectadas en serie con un resonador, teniendo el resonador una frecuencia de resonancia correspondiente esencialmente a la frecuencia del campo electromagnético de excitación. Tal configuración, por ejemplo, puede proporcionar la posibilidad de emitir un campo electromagnético desde el objeto móvil mediante la llamada retrodispersión. Cuando el objeto móvil se aproxima al sistema de antenas, puede inducirse corriente en las bobinas de dicho objeto móvil y la energía recibida puede almacenarse en el circuito resonante que comprende las bobinas y, por ejemplo, un condensador.

La energía almacenada puede generar entonces un campo magnético en las antenas de cuadro perpendiculares que se superpone de manera que el campo magnético de excitación se refleja en paralelo y se produce con un retardo correspondiente a un desplazamiento de fase de aproximadamente  $90^\circ$  causado por las propiedades del circuito resonador. Un desplazamiento de fase de una componente del campo magnético retrodispersado resultante, que es paralelo al plano de detección, puede producirse precisamente cuando el objeto móvil pasa a través del plano de detección, permitiendo determinar el paso del objeto móvil con alta resolución espacial y casi en tiempo real.

Un sistema de antenas de algunas realizaciones puede comprender opcionalmente un generador de señales de compensación acoplado a la antena de cuadro para ser capaz de equilibrar la antena en diferentes entornos, es decir, para ser capaz de montar la antena en diversas estructuras de soporte o porterías diferentes. El generador de señales de compensación se puede hacer funcionar para compensar las corrientes diferentes en las trayectorias de señal primera y segunda, de manera que las corrientes en las trayectorias de señal primera y segunda pueden llegar a ser esencialmente iguales. Según una realización, esto se puede conseguir gracias a una trayectoria de señal de compensación con características de acoplamiento ajustables, que está acoplada a la primera trayectoria de señal y/o la segunda trayectoria de señal. Es decir, las características de acoplamiento de la trayectoria de señal de compensación se pueden ajustar de manera que se consigue una antena equilibrada, que es una antena que tiene corrientes idénticas en las trayectorias de señal primera y segunda.

Con este propósito, algunas realizaciones pueden emplear opcionalmente generadores de señales de compensación que comprenden un hilo conductor que es esencialmente paralelo a una de la primera trayectoria de señal o la segunda trayectoria, mientras que el hilo conductor puede tener al menos una de una distancia ajustable a la trayectoria de señal, una resistencia eléctrica ajustable, una inductancia ajustable y/o una capacitancia ajustable. Esto puede proporcionar la posibilidad de equilibrar la antena sin necesidad de emplear circuitería activa cara y que consume energía. Las realizaciones de generadores de señales de compensación pueden proporcionar la posibilidad de montar incluso el sistema de antenas muy próximo a superficies metálicas, tales como por ejemplo barras o postes metálicos de porterías, sin perder la capacidad de identificar claramente la señal electromagnética del objeto móvil. El montaje del sistema de antenas cerca de superficies u objetos metálicos puede generar corrientes parásitas en los objetos. Estas pueden generar, a su vez, un campo magnético perturbador que se superpone al campo de respuesta del objeto desplazable e influye también sobre una corriente en el cuadro o cuadros de antena, lo que puede reducir la precisión de la detección del paso a través del plano de detección. Usando un generador de señales de compensación, sin embargo, pueden compensarse los efectos del campo magnético perturbador.

Según las realizaciones adicionales, el sistema de antenas puede comprender opcionalmente una antena de cuadro adicional en un borde de la zona de detección (un marco de portería), en donde la antena de cuadro adicional se puede emplear en paralelo al plano de detección y perpendicular al plano de antena sensora. Es decir, la antena de cuadro adicional se puede utilizar para tomar una decisión adicional con respecto a la posición del objeto móvil. En particular, cuando el sistema de antenas se usa para determinar el suceso de un gol en un partido de balonmano o de fútbol, la antena de cuadro adicional se puede utilizar para decidir si un balón, que ha pasado a través del plano de detección, terminó en el interior de la portería o en el exterior de la portería. Con este propósito, la antena de

cuadro adicional puede estar dispuesta en el borde de la zona de detección, p. ej., en el borde de la portería. Además, la antena de cuadro adicional puede estar equipada con uno o más núcleos magnéticos, tales como núcleos de ferrita, por ejemplo.

5 Según algunas realizaciones, un dispositivo evaluador de señales acoplado al terminal de señales del sistema de antenas se puede hacer funcionar, por lo tanto, para determinar una señal indicativa del objeto móvil o desplazable que pasa a través de la zona de detección cuando una condición de fase de la señal de recepción recibida en el terminal de señales cambia según una condición predeterminada. Según algunas realizaciones, la condición predeterminada es un desplazamiento de fase de positiva a negativa, o viceversa. Es decir, las realizaciones de un método para determinar el paso de un objeto móvil a través de una zona de detección dentro de un plano de detección pueden comprender determinar una componente de interés del campo magnético, siendo la componente de interés paralela al plano de detección. El método puede comprender además proporcionar una señal indicativa sobre el paso del objeto móvil a través de la zona de detección cuando una condición de fase de la componente de interés observada cambia según una condición predeterminada.

15 Según algunas realizaciones, un sistema de antenas según las realizaciones se puede utilizar para determinar el paso de un objeto móvil a través de una zona rodeada por una estructura de soporte o asociada a la misma. Con este propósito, el sistema de antenas puede comprender además o estar acoplado a una estructura de montaje adaptada para montar el sistema de antenas en una estructura de soporte de manera que el plano de detección esté a una distancia predeterminada de una posición predeterminada en la estructura de soporte. Según algunas realizaciones, en caso de que el sistema de antenas se pueda utilizar para determinar el suceso de un gol en un partido de fútbol, la distancia predeterminada corresponde a la mitad del diámetro de un balón de fútbol, en donde la estructura de soporte en la que está montado el sistema de antenas puede ser un poste o una barra de la propia portería de fútbol. Con este propósito, la distancia predeterminada puede ser la mitad del diámetro del balón, en donde la posición predeterminada en la estructura de soporte puede ser la cara abierta de la portería que mira al lado contrario del campo de fútbol.

25 Según algunas realizaciones, la frecuencia de resonancia de un resonador de un equipamiento deportivo desplazable, que se observa mediante sistemas de antenas según las realizaciones, puede estar en el intervalo de 10 kHz a 1,5 MHz para evitar una perturbación o interferencia al sistema debido a la presencia de seres humanos cerca del sistema de antenas.

Breve descripción de las figuras

30 Algunas realizaciones de los aparatos y/o métodos se describirán en lo que sigue, solamente a modo de ejemplo y con referencia a las figuras que se acompañan, en las que

- la figura 1 muestra una vista esquemática de una portería de un campo de fútbol que tiene montada en la misma una realización de un sistema de antenas;
- 35 la figura 2 muestra una vista lateral de una sección del sistema de antenas, como está fijado a la portería;
- la figura 3 muestra un ejemplo de las características de señal idealizadas de una señal de excitación y una señal de recepción;
- la figura 4a muestra una vista, en perspectiva, de una realización de un sistema de antenas, como está montado en una portería;
- 40 la figura 4b muestra una vista, en perspectiva, de una realización adicional de un sistema de antenas, como está montado en una portería;
- las figuras 5a, b, c muestran unas realizaciones de antenas de cuadro sensoras que comprenden un núcleo magnético en la zona del plano de detección;
- 45 la figura 6a ilustra una curva de magnetización a modo de ejemplo de un material de núcleo magnético;
- la figura 6b muestra a modo de ejemplo unas líneas de campo magnético intenso que tienen su origen en un núcleo ferromagnético de una antena de cuadro;
- la figura 7 muestra una realización de una antena de cuadro sensora con circuitería de compensación;
- 50 la figura 8 muestra una vista esquemática de una portería equipada con una realización de un sistema de antenas y una ilustración de las señales de recepción determinadas;
- la figura 9 muestra una vista más detallada de las señales, como se generan cuando el balón pasa a través del plano de detección en la realización de la figura 5;



- la figura 10 muestra un diagrama de circuito de una realización de un sistema de antenas;
- la figura 11 muestra una implementación de un generador de señales de calibración para generar una señal de calibración;
- 5 las figuras 12a-c muestran unas realizaciones en donde una antena excitadora está formada por un conductor de corriente eléctrica hueco y en donde una antena sensora comprende dicho al menos un núcleo magnético en el interior del conductor de corriente eléctrica hueco;
- la figura 13 muestra un diagrama de flujo de una realización de un método según una realización; y
- la figura 14 muestra una realización de un equipamiento deportivo que se puede hacer funcionar para emitir un campo electromagnético.
- 10 Se describirán a continuación más completamente diversas realizaciones a modo de ejemplo con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que se ilustran algunas realizaciones a modo de ejemplo. En las figuras, los grosores de las líneas, las capas y/o las zonas pueden estar exagerados por claridad.
- Por consiguiente, aunque es posible para las realizaciones a modo de ejemplo diversas modificaciones y formas alternativas, sus realizaciones se muestran a modo de ejemplo en las figuras y se describirán con detalle en la presente memoria. Se deberá entender, sin embargo, que no hay ninguna intención de limitar las realizaciones a modo de ejemplo a las formas particulares descritas, sino al contrario, las realizaciones a modo de ejemplo han de cubrir todas las modificaciones, las equivalentes y las alternativas que están comprendidas dentro del alcance de las realizaciones. Los números semejantes hacen referencia a los elementos semejantes o similares por toda la descripción de las figuras.
- 15 Se entenderá que, cuando se hace referencia a que un elemento está “conectado” o “acoplado” a otro elemento, se puede conectar o acoplar directamente al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios. En contraste a esto, cuando se hace referencia a que un elemento está “conectado directamente” o “acoplado directamente” a otro elemento, no está presente ningún elemento intermedio. Otras palabras utilizadas para describir la relación entre elementos se deberían interpretar de forma semejante (p. ej., “entre” frente a “directamente entre”, “adyacente” frente a “directamente adyacente”, etc.).
- 20 La terminología utilizada en la presente memoria es con el fin de describir solamente las realizaciones particulares y no está destinada a ser limitativa de las realizaciones a modo de ejemplo. Como se usa en la presente memoria, las formas en singular “un”, “uno” y “el” están destinadas a incluir también las formas en plural, a menos que el contexto lo indique claramente de otro modo. Se entenderá además que los términos “incluye”, “incluyendo”, “comprende” y/o “comprendiendo”, cuando se usan en la presente memoria, especifican la presencia de características, conjuntos, etapas, operaciones, elementos y/o componentes indicados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, conjuntos, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos, que sean distintos.
- 25 A menos que se defina de otro modo, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que el entendido comúnmente por el experto en la técnica, al que pertenecen las realizaciones a modo de ejemplo. Se entenderá además que los términos, p. ej., los definidos en los diccionarios utilizados comúnmente, se deberían interpretar como que tienen un significado que concuerda con su significado en el contexto de la técnica relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal a menos que así se defina expresamente en la presente memoria. Por ejemplo, los términos como “esencialmente” o “sustancialmente” hacen referencia típicamente a desviaciones del mundo ideal, en donde tales desviaciones pueden deberse a tolerancias y variaciones de instalación y/o producción.
- 30 La figura 1 muestra una vista esquemática de una portería 1, p. ej., de un partido de fútbol, que tiene montada en la misma cuatro sistemas de antenas 2a-d según una realización. Aunque la portería 1 está rodeada por cuatro sistemas de antenas 2a-d en la figura 1, otras realizaciones pueden utilizar también diferentes cantidades de sistemas de antenas. Por ejemplo, en una realización adicional, se puede usar solamente un sistema de antenas, en uno de los postes de la portería 1 o en la barra superior de la portería 1, por ejemplo. En la realización de la figura 1, el sistema de antenas 2a-d sirve para determinar el paso de un balón a través de una zona de interés o una zona de detección dentro de un plano de detección 22. En la configuración de la figura 1, el plano de detección 22 es el plano perpendicular a las antenas de cuadro 4a-d de los sistemas de antenas 2a-d y, por lo tanto, paralelo a la cara delantera abierta de la portería 1 o coincidente con dicha cara.
- 35 Como se desarrolla en la siguiente descripción, las antenas de cuadro 4a-d se pueden usar para la detección del cruce o del paso de un balón 11 a través del plano de detección 22 en algunas realizaciones. Por lo tanto, las antenas de cuadro 4a-d se pueden indicar también como antenas de la línea de portería, o sensoras, en algunas realizaciones. La realización a modo de ejemplo de la figura 1 comprende también una antena de cuadro 6a-d adicional en cada uno de los sistemas de antenas 2a-d, que puede comprender uno o más cuadros de antena dispuestos dentro de un plano adicional de antena que es perpendicular al plano de antena de las antenas de cuadro sensoras 4a a 4d y paralelo al plano de detección 22. Estas antenas de cuadro adicionales pueden servir
- 40
- 45
- 50
- 55

para obtener información sobre si el balón 11 ha pasado a través del plano de detección 22 al interior de la portería 1 o al exterior de la portería 1. Por lo tanto, las antenas de cuadro 6a-d adicionales se pueden indicar también como antenas de marco. En otras palabras, las antenas de marco pueden servir para definir una zona de detección dentro del plano de detección, a fin de ser capaces de concluir si el balón 11 cruzó el plano de detección dentro de la zona de detección. Por lo tanto, las antenas de cuadro 6a-d adicionales pueden estar situadas en el borde de la zona de detección, por ejemplo, en los postes del marco de portería. Como llegará a ser evidente en lo que sigue, todas las antenas o los cuadros de antena pueden estar dispuestos en el borde de la zona de detección.

La figura 1 ilustra además esquemáticamente una trayectoria de señal 8 de cuadro a tierra, que sirve para interconectar los terminales primero y segundo de las antenas de cuadro 4a-d para cerrar un bucle conductor alrededor de la zona de detección a fin de generar un campo electromagnético de excitación, como se ilustra en la figura 2. Dentro de la zona de detección, el campo electromagnético de excitación 12 o al menos una componente espacial del mismo (p. ej., perpendicular al plano de detección) tendrá una intensidad de campo (magnético) por encima de un cierto umbral de intensidad de campo, en donde el umbral puede estar en el intervalo de 0,01 A/m a 10 A/m. Es decir, la trayectoria de señal 8 de cuadro a tierra cierra un circuito eléctrico a fin de permitir la generación del campo electromagnético de excitación con las antenas de cuadro 2a-d que forman también una antena de cuadro excitadora alrededor de la zona de detección, es decir, la portería 1.

Aunque algunas realizaciones ilustradas en la presente memoria utilizan trayectorias conductoras de las antenas de cuadro sensoras 4a-d para generar también el campo electromagnético de excitación aplicando una señal de excitación a dichas antenas de cuadro 4a-4d, otras realizaciones pueden utilizar también un cuadro independiente de excitación o excitador a fin de proporcionar el campo electromagnético de excitación. Aunque no mostrado explícitamente por la figura 1, las antenas de cuadro sensoras 4a-4d pueden comprender núcleos magnéticos, tales como núcleos de ferrita, según algunas realizaciones. Por ello, los núcleos magnéticos pueden estar situados en una zona del campo electromagnético de excitación o en una zona del plano de detección donde la intensidad de campo está por debajo del umbral antes mencionado de la intensidad de campo.

En lo que sigue, se explicarán con más detalle los principios de funcionamiento del sistema de antenas y de la determinación de la presencia de un cruce o un paso de un objeto móvil 11 a través de la zona de detección dentro del plano de detección 22.

Haciendo referencia a continuación a la figura 2, se puede generar un campo electromagnético de excitación, que puede tener líneas de campo de la componente magnética que cruzan el plano de detección 22 esencialmente perpendicular, con un sistema de antenas según las realizaciones. El campo electromagnético de excitación 10 o, para ser más precisos, su componente magnética solamente se ilustra de manera esquemática indicando la dirección de una única línea de campo 10 en la figura 2. Nótese que las otras dos componentes magnéticas paralelas al plano de detección 22 pueden anularse en el plano de detección.

Utilizando un objeto desplazable o móvil 11 que emite o retrodispersa un campo magnético 12, como se ilustra en la figura 2, la componente magnética 12 del campo electromagnético emitido o retrodispersado puede ser recibida mediante las antenas de cuadro sensoras 4a-d. La figura 2 supone que el objeto móvil 11 es un balón de un juego deportivo que emite o refleja el campo magnético, como se ilustra por las líneas de campo 12 mostradas.

Las realizaciones descritas en la presente memoria, sin embargo, utilizan un balón 11 o un objeto móvil que es excitado por el campo electromagnético de excitación 10, como se genera por una antena de cuadro excitadora 9 formada por las antenas de cuadro 4a-d interconectadas y la trayectoria de señal 8 de cuadro a tierra para emitir el campo magnético 12. Con este propósito, se puede utilizar un balón o un objeto móvil 11, como se muestra en la figura 14, ilustración izquierda, que puede comprender tres antenas de cuadro 14a-c que están dispuestas en una orientación perpendicular por parejas una con respecto a las otras. Las tres antenas de cuadro 14a-c pueden estar conectadas entre sí y acopladas a un resonador 16, teniendo el resonador 16 una frecuencia de resonancia correspondiente esencialmente a la frecuencia del campo electromagnético de excitación 10. Es decir, el objeto 11 puede tener tres bobinas 14a-c perpendiculares con una frecuencia de resonancia correspondiente esencialmente a la frecuencia del campo electromagnético de excitación 10, en donde son posibles tolerancias de  $\pm 10\%$ .

Cuando tal balón u objeto 11 se aproxima a la portería 1 o al sistema de antenas 2a-d, las bobinas 14a-c en el interior del balón 11 son estimuladas por el campo electromagnético de excitación 10, en particular por la componente de campo que no se anula perpendicular al plano de detección 22. Es decir, se induce una corriente en las antenas de cuadro 14a-c del balón. Debido a la frecuencia de resonancia del resonador del objeto móvil 11 y la frecuencia correspondiente del campo electromagnético de excitación 10, el circuito resonante o el resonador 16 del objeto móvil 11, p. ej., en un condensador utilizado en el mismo, puede almacenar la energía recibida. La oscilación en el resonador 16 o la energía almacenada puede generar entonces un campo electromagnético retrodisperso en las bobinas 14a-c del objeto móvil 11, que se superpone de manera que el campo magnético de excitación se refleja en paralelo y se produce con un retardo correspondiente a un desplazamiento de fase de  $90^\circ$  causado por las propiedades del circuito resonador.

Según algunas realizaciones, el objeto móvil 11 puede comprender tres antenas de cuadro o bobinas 14a-c dispuestas en una orientación perpendicular por parejas una con respecto a las otras y que no están conectadas en

serie, como se indica por la ilustración derecha en la figura 14. Cada antena de cuadro o bobina 14a-c del objeto móvil 11 puede formar un resonador independiente que puede comprender además una capacitancia 16a-c asociada que está conectada en serie o en paralelo. Cada uno de los tres circuitos resonantes así dispuestos se puede sintonizar a la frecuencia del campo electromagnético de excitación 10 eligiendo las capacitancias y las inductancias de cada circuito resonante apropiadamente.

Debido a las propiedades del resonador, el campo magnético 12 emitido por el objeto móvil 11 puede estar retardado con respecto al campo electromagnético de excitación 10 en un tiempo correspondiente idealmente a un desplazamiento de fase de  $90^\circ$  ( $\pi/2$ ). Esta estimulación de la emisión de un campo magnético 12 se utiliza también en sistemas de Identificación por radiofrecuencia (RFID) a fin de transmitir información desde objetos que no han plasmado sus propias fuentes de energía. En la RFID, la emisión excitada de un campo magnético 12, como se ilustra en la figura 2, se conoce también como "retrodispersión". El campo (electro) magnético 12 retrodisperso o emitido del objeto móvil 11 puede, entre otras cosas, ser recibido por la antena de cuadro sensora 4c, que puede estar montada por detrás de un poste o un travesaño 18 de la portería 1. Aunque las antenas de cuadro sensoras 4a-d de los sistemas de antenas a modo de ejemplo descritos en la presente memoria pueden comprender solamente un único cuadro de antena formado por dos trayectorias de señal simétricas, otras realizaciones pueden utilizar también antenas de cuadro que tienen más cuadros. La figura 3 ilustra una relación idealizada de fase entre una señal de excitación 28 utilizada para generar el campo electromagnético de excitación 10 y una señal de recepción retrodispersada 29, como se puede recibir en un terminal de señales de la antena de cuadro sensora 4c.

La utilización de un objeto móvil 11, como por ejemplo el ilustrado en la figura 14, conduce a una configuración de campo del campo magnético 12 emitido por el objeto móvil 11, como se ilustra en la figura 2. Esto es debido al hecho de que los campos electromagnéticos individuales emitidos por las tres antenas de cuadro 14a-c se superponen entre sí de manera que llegan a la configuración de campo de la figura 2. Un vector de intensidad de campo 20 a modo de ejemplo del campo magnético 12 emitido se ilustra en la figura 2, que está compuesto por una primera componente 20a paralela al plano de detección 22, así como por una segunda componente 20b perpendicular al plano de detección 22. Debido a su orientación con una superficie abierta perpendicular al plano de detección 22, la antena de cuadro sensora 4c es sensible a la primera componente 20a, que se indica también, por lo tanto, como la parte de la línea de portería, mientras que la segunda componente 20b se indica también como la parte de marco del vector de intensidad de campo 20 ( $H_{\text{retro, balón}}$ ).

En otras palabras, la señal de respuesta electromagnética retrodispersada del objeto móvil 11 o del balón está induciendo una corriente a la antena de cuadro sensora 4c y a la antena de cuadro 6c adicional del sistema de antenas 2c, que pueden estar formadas, ambas, como antenas de ferrita, es decir, antenas que utilizan un núcleo magnético. La antena de cuadro 6c adicional solamente se ilustra de manera esquemática y para completar en la figura 2. La señal de respuesta retrodispersada o recibida puede ser dividida en una parte de marco 20b y una parte de línea de portería 20a. Dependiendo de la posición del balón 11, cambia la orientación del vector de campo H 20 de la señal de respuesta retrodispersada. Tan pronto como el balón 11 pasa el plano de detección 22 en el centro (o eje de simetría) de la antena de cuadro 4c, la primera componente 20a del vector de intensidad de campo ( $H_{\text{retro, portería}}$ ) cruza el cero y se invierte la forma de onda de la señal. Es decir, una condición de fase de la señal de recepción cambia según una condición predeterminada. La condición predeterminada puede ser, según algunas realizaciones, que se invierta la forma de onda de la señal y que la fase experimente un cambio de  $180^\circ$ . Una vez que se produce una inversión de fase o un desplazamiento de fase de  $180^\circ$  o se determina por la evaluación de la señal de respuesta recibida proporcionada por el sistema de antenas 2c, en particular por la antena de cuadro 4c, se puede suponer un caso de "gol", dado que el centro del balón o del objeto móvil 11 cruzó la línea de simetría de las dos trayectorias de señal (cada una formando la mitad del cuadro sensor) de la antena de cuadro 4c, es decir, el plano de detección 22. Sin embargo, en el momento del cruce, la intensidad de campo total del campo electromagnético de excitación 12 (es decir, de su componente espacial que no se anula perpendicular al plano de detección 22) dentro de la portería 1 está al máximo y, por lo tanto, se mantiene la emisión del campo magnético 12 del objeto móvil 11, aumentando la precisión que se puede conseguir en la determinación del paso del objeto 11, si se compara con planteamientos alternativos, donde el campo electromagnético de excitación dentro del plano de detección 10 se sintoniza o se ajusta para que sea nulo.

La utilización de un sistema de antenas según las realizaciones, por lo tanto, permite determinar el suceso de un gol, es decir, el hecho de que todo el balón 11 estaba, en cualquier situación temporal, completamente por detrás de la línea de portería, con la más alta precisión. Los núcleos magnéticos en los cuadros sensores 4c y/o 6c pueden mejorar más las capacidades de detección de señales.

Para la detección de un gol en un partido de fútbol, el sistema de antenas 4c puede comprender una estructura de montaje accionable para montar el sistema de antenas 2a a 2d en una estructura de soporte o en el marco de portería de manera que el plano de detección 22 tenga una distancia sustancialmente igual a la mitad del diámetro de un balón de fútbol para la cara delantera de la portería 1. A fin de proporcionar una solución más flexible, la estructura de montaje puede ser ajustable para su ajuste en diferentes diseños de portería, de manera que sea capaz de ajustar la distancia predeterminada a los requisitos.

La figura 4a muestra una vista, en perspectiva, de la configuración ilustrada en la figura 2, en donde solamente se ilustra de manera esquemática una realización de una estructura de montaje 24 adaptada para montar el sistema de

antenas, que comprende la antena de cuadro sensora 4c y la antena de cuadro 6c adicional, en la barra de aluminio 18 de una portería.

Como se ilustra además en la figura 4a, la antena de cuadro sensora 4c (que es parte de todo el cuadro de antena excitadora 9) comprende un primer terminal 26a (hacia la antena de cuadro sensora 4b) y un segundo terminal 26b (hacia la antena de cuadro sensora 4d) para recibir una señal de excitación 28 de la antena de cuadro excitadora 9, lo que permite proporcionar dicha señal de excitación 28 a la antena de cuadro sensora 4c esencialmente simétrica. Como se ilustra con más detalle en la figura 4a, la señal de excitación 28 de la corriente alterna puede ser dividida y transferida (propagada) desde el primer terminal 26a hasta el segundo terminal 26b por una primera trayectoria de señal 30a, así como por una segunda trayectoria de señal 30b de la antena de cuadro sensora 4c. Es decir, ambos conductores de la antena de cuadro 4c, que se extienden esencialmente paralelos al plano de detección 22 (formando un plano de simetría para la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, b) pueden participar en la generación del campo electromagnético de excitación 10. Según la realización de la figura 4a, la antena de cuadro 6c adicional, es decir, la antena de marco, no participa en la generación del campo electromagnético 10. Sin embargo, las realizaciones adicionales pueden utilizar también la antena de cuadro 6c adicional para la generación del campo electromagnético de excitación 10.

Nótese que una zona de intersección 27, entre el plano de detección 22 y el plano de antena sensora, abarcada por la antena de cuadro sensora 4c es una zona donde la intensidad de campo magnético del campo (electro) magnético de excitación 10 generado será débil, idealmente nula, debido a la simetría de la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, b con respecto al plano de detección 22. Por consiguiente, la zona 27 es una zona de superposición destructiva de componentes de campo electromagnético que tienen su origen en una disposición simétrica de uno o más conductores eléctricos 30a, b de la antena excitadora 9. Es decir, la zona de intersección 27, entre el plano de detección 22 y el plano de antena sensora, abarcada por la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, b forma una zona del campo electromagnético de excitación 10 alterno donde la intensidad de campo magnético del campo alterno está por debajo o es igual a un cierto umbral de intensidad de campo magnético. Este umbral de intensidad de campo magnético puede ser, en un caso ideal, al menos próximo a cero. El umbral de intensidad de campo (magnético) se puede definir para que esté en el intervalo de 0,01 A/m a 10 A/m, por ejemplo. Según algunas realizaciones, un material de núcleo magnético, tal como un material ferromagnético o ferrimagnético, puede estar colocado o situado en dicha zona de intersección 27, entre el plano de detección 22 y el plano de antena sensora, abarcada por la antena de cuadro sensora 4c. Por ello, un eje longitudinal del núcleo magnético se puede extender paralelo al plano de detección 22. En particular, el eje longitudinal del núcleo magnético puede coincidir con el plano de detección 22 o estar situado en el mismo. La capacidad de detección de la antena de cuadro sensora 4c con respecto a la señal de respuesta (electro) magnética retrodispersada relativamente débil se puede mejorar debido al núcleo magnético de la antena de cuadro sensora 4c. Nótese que la zona 27 puede estar en el exterior de la zona de detección, p. ej., la superficie abierta de la portería.

Las realizaciones de una antena de cuadro sensora 4c, que comprende un núcleo magnético en la zona 27 del campo electromagnético de excitación que experimenta una intensidad de campo por debajo del umbral de intensidad de campo, se describirán con más detalle con respecto a las figuras 5a y 5b.

La figura 5a ilustra una parte de la antena de cuadro excitadora 9, rodeando la antena de cuadro excitadora 9 la zona de detección (p. ej., un marco de portería), y la parte que forma una antena de cuadro sensora 4c del sistema de antenas al mismo tiempo. La antena de cuadro sensora 4c está acoplada a un primer terminal de señales 26a y a un segundo terminal de señales 26b. La señal o corriente de excitación 28 ( $I_{EXC}$ ) es transferible desde el primer terminal 26a hasta el segundo terminal 26b por una primera trayectoria de señal 30a y por una segunda trayectoria de señal 30b diferente de la antena de cuadro excitadora o sensor. Por ello, la primera trayectoria de señal 30a lleva una primera parte  $I_{TX1}$  de la corriente de excitación  $I_{EXC}$ , la segunda trayectoria de señal 30b lleva una segunda parte  $I_{TX2}$  de la corriente de excitación  $I_{EXC}$ . Idealmente, la primera y la segunda partes  $I_{TX1}$ ,  $I_{TX2}$  de la corriente de excitación  $I_{EXC}$  son idénticas en amplitud y fase. Según algunas realizaciones, la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, 30b se extienden simétricamente y en lados diferentes del plano de detección 22. Esta simetría de la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, 30b con respecto al plano de detección 22 conduce ventajosamente a la zona 27 del campo electromagnético de excitación por debajo de un cierto umbral de intensidad de campo magnético. En el centro de simetría 29 de las trayectorias de señal primera y segunda 30a, 30b dispuestas simétricamente, la intensidad de campo magnético del campo electromagnético de excitación es idealmente nula. Como se ha explicado anteriormente, la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, 30b abarcan un plano de antena sensora que es esencialmente perpendicular al plano de detección 22. Mientras que la figura 5a ilustra una realización con una antena de cuadro excitadora/sensor 4c circular, es decir, cada una de las trayectorias de señal primera y segunda 30a, 30b que forman un semicírculo, la figura 5b ilustra una realización adicional en donde la primera trayectoria de señal 30a comprende un primer segmento conductor eléctrico que se extiende en paralelo al plano de detección 22 y en donde la segunda trayectoria de señal 30b comprende un segundo segmento conductor que se extiende también en paralelo al plano de detección 22, pero en un lado diferente del mismo. Por consiguiente, en la figura 5b la antena de cuadro excitadora/sensor 4c tiene una forma geométrica esencialmente rectangular. En ambas realizaciones, el sistema de antenas está configurado de manera que la señal de excitación 28 se propaga desde el primer terminal 26a hasta el segundo terminal 26b por la primera trayectoria de señal 30a y la segunda trayectoria de señal 30b simultáneamente y en fase. Además, en ambas realizaciones, al menos un núcleo magnético de la antena de cuadro sensora 4c puede estar situado entre la primera y la segunda trayectorias

de señal 30a, 30b dentro de la zona 27 predefinida alrededor de una intersección del plano de detección 22 y del plano de antena sensora. Es decir, el núcleo magnético 31 puede estar sustancialmente situado en el plano de detección 22. Debido a la disposición simétrica de las dos trayectorias de señal 30a, 30b, la zona 27 predefinida alrededor del plano de detección 22 experimentará solamente un débil campo magnético de excitación por debajo del umbral de intensidad de campo magnético, evitando por ello los efectos de saturación en el núcleo magnético 31 del cuadro sensor 4c. Esto permite, a su vez, la detección sensible de la señal de respuesta retrodispersada relativamente débil desde el objeto desplazable 11.

Las figuras 4b y 5c ilustran una realización adicional, en donde las antenas de cuadro 4b y 4c forman unas antenas de cuadro excitadoras con trayectorias de señal simétricas primera y segunda 30a, 30b, respectivamente, como se ha explicado anteriormente. En contraste a la realización de la figura 4a, la realización de la figura 4b emplea las antenas de cuadro sensoras 4b' y 4c' que están separadas de las antenas de cuadro excitadoras 4b y 4c. Sin embargo, cada una de las antenas de cuadro sensoras 4b' y 4c', que comprende un núcleo magnético 31, puede estar también situada entre la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, 30b dentro de la zona 27 predefinida alrededor de una intersección del plano de detección 22 y el plano de antena sensora. Es decir, las antenas de cuadro sensoras 4b' y 4c' con sus núcleos magnéticos 31 respectivos pueden estar sustancialmente situadas en el plano de detección 22. Debido a la disposición simétrica de las dos trayectorias de señal 30a, 30b, el plano de detección 22 por detrás de la barra de portería experimentará solamente un débil campo magnético de excitación por debajo del umbral de intensidad de campo magnético, evitando por ello los efectos de saturación en los núcleos magnéticos 31 de los cuadros sensores 4b', 4c'. Esto permite, a su vez, la detección sensible de la señal de respuesta retrodispersada relativamente débil desde el objeto desplazable 11. Como se puede ver de la figura 4b, el eje longitudinal de los núcleos magnéticos 31 puede extenderse esencialmente dentro del plano de detección 22 y perpendicular al plano de antena abarcado por las antenas de cuadro 4b y 4c o las trayectorias de señal 30a, 30b del mismo. Una vista a escala ampliada de una antena sensora 4b' o 4c' que comprende un núcleo magnético 31 con una gran relación l/d entre longitud y diámetro se ilustra en la figura 5c. La realización de la figura 4b muestra además una antena de marco 6c situada entre las dos antenas de cuadro (excitadoras) 4b y 4c. Por ello, una instalación para la antena de marco 6c es similar a la de las antenas de cuadro sensoras 4b' y 4c', excepto en que está girada 90°. Es decir, la antena de marco 6c que comprende un núcleo magnético 31 puede estar también situada entre las trayectorias de señal primera y segunda simétricas 30a', 30b', sin embargo, con la diferencia de que el plano abarcado por las trayectorias de señal 30a', 30b' corresponde al plano de detección 22 y que el eje longitudinal del núcleo magnético del cuadro de antena de marco se extiende perpendicular al plano de detección 22.

Las realizaciones permiten evitar factores desventajosos específicos, tales como la saturación (magnética), que prohíbe normalmente el uso de materiales ferromagnéticos en aplicaciones de sensores con campos magnéticos vecinos grandes o altos. Debido a la forma geométrica especial (p. ej., simetría) de la instalación de antenas, las realizaciones permiten usar las ventajas de los materiales de núcleo magnético en aplicaciones de sensores, tales como la amplificación de la señal de recepción. Usando materiales de núcleo ferromagnéticos o ferrimagnéticos, junto con una instalación de antenas adecuada, la señal de recepción se puede amplificar mejor empleando la misma superficie de las antenas de cuadro sensoras como sin núcleo magnético, o se pueden reducir a escala las dimensiones de la instalación de antenas, conduciendo todavía a una magnitud usualmente recibida de la señal de recepción (miniaturización).

Los materiales de núcleo magnético tienen típicamente una curva de magnetización, como se ilustra esquemáticamente en la figura 6a. Si el núcleo magnético se pone dentro de un campo magnético H que excede una cierta intensidad de campo magnético, el material ferromagnético se llevará a la saturación. Es decir, un aumento adicional de la intensidad del campo magnético H conducirá solamente a un aumento menor del flujo magnético B en el material de núcleo magnético y, por consiguiente, de la señal de recepción. Normalmente, habrá una no linealidad que conduce a distorsiones de señal. Por consiguiente, para usar antenas ferromagnéticas o ferrimagnéticas como sensores de campo magnético para alternar campos, es importante tener el núcleo magnético en una zona más bien lineal, que no conduce a la saturación. Esto ayuda a usar el efecto de enfoque del núcleo magnético, es decir, el aumento del flujo magnético B a través del núcleo. Para ilustrar esto, la figura 6b muestra a modo de ejemplo unas líneas de campo magnético intenso que tienen su origen en un núcleo ferromagnético 31 de una antena de cuadro 4c.

Tener grandes distancias entre emisor y receptor, como es usualmente el caso para las señales DCF77 (DCF77 representa D = Deutschland (Alemania), C = señal de onda larga, F = los transmisores de onda larga en los emplazamientos de la estación de transmisión Mainflingen (debido a su proximidad a Frankfurt am Main), 77 = frecuencia: 77,5 kHz), por ejemplo, usando núcleos magnéticos en las antenas de recepción, no plantea problemas dado que la intensidad de campo magnético en la antena de recepción es usualmente más bien débil. Para las aplicaciones de detección de goles, sin embargo, el campo (electro) magnético de excitación se genera casi en el mismo lugar donde se recibe la señal de respuesta comparativamente débil. Es decir, en la zona de la antena sensora 4c pueden experimentarse fuertes intensidades de campo magnético de excitación en comparación con la señal de respuesta retrodispersada. La relación entre las intensidades de campo del campo de excitación y el campo de respuesta puede estar en un intervalo entre 50 dB y 110 dB, por ejemplo. Por consiguiente, normalmente, el fuerte campo de excitación 10 llevaría a la saturación un núcleo (ferro) magnético de una antena de recepción. Sin embargo, las realizaciones sugieren disponer una zona 27 libre de campo o al menos casi libre de campo, que no

está influida eficazmente por el campo de excitación. Por lo tanto, las realizaciones permiten usar las antenas sensoras 4a-d con los núcleos magnéticos 31.

Como se ha explicado con referencia a las figuras 4 y 5, la zona o zonas 27 libres de campo del campo electromagnético de excitación 10 por debajo del umbral de intensidad de campo pueden crearse, por ejemplo, si la señal de excitación 28 es dividida en dos trayectorias de señal 30a, 30b simétricas y/o paralelas. Si la misma corriente (en amplitud y fase) pasa a través de ambas trayectorias de señal 30a, 30b, la zona 27 libre de campo se crea en el centro de simetría 29, y alrededor del mismo, de las dos trayectorias de señal 30a, 30b debido a la superposición destructiva de los campos magnéticos individuales generados por las dos trayectorias de señal 30a, 30b o corrientes  $I_{TX1}$ ,  $I_{TX2}$ , respectivamente. Si se supone que se permite una cierta tolerancia, es decir, que el campo magnético superpuesto puede que no sea exactamente nulo, sino por debajo de un cierto umbral de intensidad de campo, entonces, existe una cierta zona 27 alrededor del centro de simetría 29 en la que se puede colocar el núcleo magnético 31 de la antena sensora 4c. Suponiendo una disposición simétrica alrededor del centro de simetría 29, la integral de suma del campo magnético encerrado permanece nula o al menos próxima a cero. Si las dimensiones (p. ej., el diámetro) del núcleo magnético 31 son sustancialmente menores que las del cuadro sensor 4c, puede suponerse un flujo magnético a través del núcleo 31 esencialmente nulo.

En realizaciones que usan el sistema de antenas 2a-d para la detección de goles, el sistema puede estar montado en postes metálicos (p. ej., de aluminio). En tales circunstancias, se puede emplear un circuito de compensación para equilibrar las dos corrientes  $I_{TX1}$  e  $I_{TX2}$  en amplitud y fase. Volviendo de nuevo a la figura 4a, se ilustra además una trayectoria de señal de compensación 32 opcional y a modo de ejemplo (que se puede emplear, también, para la realización de la figura 4b), que puede estar acoplada a la segunda trayectoria de señal 30b y que puede servir para equilibrar la antena de cuadro 4c. En las realizaciones alternativas, la trayectoria de señal de compensación 32 puede estar, por supuesto, acoplada también a la primera trayectoria de señal 30a. Generalmente, un circuito de compensación, que puede estar acoplado a la primera y/o la segunda trayectorias de señal 30a, 30b puede comprender componentes resistivos, capacitivos y/o inductivos variables para equilibrar las dos corrientes  $I_{TX1}$  e  $I_{TX2}$  en presencia de efectos desequilibrantes causado, por ejemplo, mediante postes metálicos o similares próximos al sistema de antenas 2a-d. Una realización adicional de un circuito de compensación 34 se ilustra esquemáticamente en la figura 7. Por ello, los componentes resistivos, capacitivos y/o inductivos variables del circuito de compensación 34 pueden estar situados en la primera trayectoria de señal 30a, en la segunda trayectoria de señal 30b y entre la primera y la segunda trayectorias de señal 30a, 30b a fin de equilibrar las corrientes  $I_{TX1}$  e  $I_{TX2}$ . La influencia de un poste metálico 18 se modela mediante una resistencia eléctrica  $R_{pérdida, Al}$  y un transformador que tiene una inductancia mutua  $M_{Al}$  entre el poste metálico 18 y la primera trayectoria de señal 30a.

En caso de una distribución asimétrica de las corrientes  $I_{TX1}$  e  $I_{TX2}$ , sería posible también determinar el lugar resultante de la zona 27 (casi) libre de campo. Al existir diferencias de amplitud entre las corrientes  $I_{TX1}$  e  $I_{TX2}$ , el punto 29 de superposición destructiva de los campos magnéticos resultantes individuales sería desplazado fuera del centro de simetría 29, hasta otra posición dentro del cuadro sensor 4c. Es decir, son posibles también las realizaciones sin circuitos de compensación. A fin de tener condiciones controladas y predecibles, sin embargo, es posible la compensación de desequilibrios.

Volviendo de nuevo a la figura 4a, la trayectoria de señal de compensación 32 puede tener características de acoplamiento ajustables con respecto a la segunda trayectoria de señal 30b. Esto se puede utilizar para compensar las componentes de campo generadas por las corrientes parásitas en postes metálicos, tales como por ejemplo en un poste de aluminio 18 ilustrado en la figura 4a, b. Las corrientes parásitas pueden ser generadas, por ejemplo, mediante la corriente en la primera trayectoria de señal 30a y, por consiguiente, inducir una corriente en la antena de cuadro 4c que no está causada por el objeto móvil 11 y, por lo tanto, no deseable. Mediante la trayectoria de señal de compensación 32 o, más generalmente, usando un generador de señales de compensación 34 (tal como se muestra en la figura 7) dentro del sistema de antenas 2c, tales componentes de señal pueden compensarse de manera que la antena esté equilibrada, es decir, una de las trayectorias de señal 30a o 30b lleva la mitad de la corriente  $I_{EXC}$  de la señal de excitación 28, mientras que la otra trayectoria de señal, posiblemente junto con la trayectoria de señal de compensación 32 o con el generador de señales de compensación, lleva la otra mitad de la corriente, de manera que no se induce ninguna señal en la antena de cuadro 4c sin la presencia del objeto móvil 11 cerca de la antena de cuadro 4c. Con este propósito, la antena de cuadro 4c se puede sintonizar de manera que ambas señales que llevan la mitad de la corriente  $I_{EXC}$ , cada una, estén en fase.

La figura 4a muestra solamente a modo de ejemplo una realización particular para implementar un generador de señales de compensación usando un hilo de compensación que tiene una distancia ajustable al hilo de la segunda trayectoria de señal 30b y/o una inductancia ajustable de manera que la antena puede ser equilibrada ajustando la distancia y/o la inductancia una vez que dicha antena está montada en la estructura de soporte o en la portería. Una posibilidad adicional de implementar un generador de señales de compensación sería, por ejemplo, añadir una parte metálica o de aluminio simétrica en el otro lado del sistema de antenas 2c de manera que se proporciona una configuración simétrica en la que las corrientes parásitas de las barras metálicas diferentes se compensan entre sí. Una posibilidad adicional de implementar un generador de señales de compensación sería, por ejemplo, inducir una corriente en la antena de cuadro 4c o en una trayectoria de señal de la antena de cuadro 4c con una amplitud y una fase ajustadas apropiadamente generadas de manera que se compensa la influencia de las corrientes parásitas. La inducción de esta señal de compensación adicional se podría realizar, por ejemplo, mediante un transformador

adicional o similar. Sin embargo, cuando se usa una trayectoria de señal de compensación 32 o un hilo de compensación, como se ilustra en la figura 4a y, con más detalle, en la figura 7, no es necesaria ninguna trayectoria de señal activa adicional y, por consiguiente, el sistema de antenas se mantiene sencillo y fiable.

5 Aparte del uso del generador de señales de compensación o de la trayectoria de señal de compensación 32, el diseño del sistema de antenas es también altamente eficiente para evitar la diafonía o las componentes de señal no  
deseadas, si se compara con otras soluciones que emplean un cuadro independiente adicional para la generación  
del campo electromagnético de excitación 10. Usando un cuadro adicional se pueden generar señales de diafonía  
10 en la antena de cuadro 4c del sistema de antenas 2c que podrían cubrir el campo magnético 12 de la señal  
retrodispersada del objeto móvil 11. Esto disminuiría significativamente la precisión de la detección del suceso de un  
gol. Sin embargo, utilizando la antena de cuadro para crear el campo electromagnético de excitación, como en las  
realizaciones descritas en las figuras, se evita la aparición de señales de diafonía debido a la generación particular  
del campo electromagnético de excitación 10.

15 La figura 8 muestra, a modo de ejemplo, dos señales de recepción 42a y 42b como pueden ser recibidas por la  
antena de cuadro 4c cuando un balón 10 pasa un plano de detección 22 de una portería 1, de manera que se  
consigue marcar en un partido de fútbol o balonmano o similar. La figura 8 muestra esquemáticamente una portería  
y las señales de recepción 42a y 42b que resultan de dos posiciones diferentes donde un balón pasa el plano de  
detección 22. La primera posición 40a está esencialmente en el centro de la portería 1, mientras que la segunda  
20 posición 40b está próxima a un poste de la portería 1. El sistema de coordenadas se elige para que sea tal que la  
dirección X es la dirección desde la barra inferior hasta la superior de la portería, mientras que la dirección Y se  
extiende de izquierda a derecha y la dirección Z es perpendicular al plano del papel, es decir, perpendicular al plano  
de detección, que es paralelo al plano de la cara abierta de la portería.

25 Las dos características de señal de las señales de recepción 42a y 42b, como se determinan por una realización del  
sistema de antenas, se muestran sobre la parte superior de la portería 1. La forma geométrica se elige de manera  
que el plano que tiene una coordenada Z de cero corresponde al plano de detección. Como ya se ha explicado en lo  
anterior, una señal de recepción 42a y 42b, como se determina por los sistemas de antenas según las realizaciones,  
experimenta un cambio de fase, es decir, cruza el cero cuando el balón cruza o pasa a través del plano de detección  
30 22. Aunque las amplitudes de las señales de recepción 42a y 42b y la distancia al plano de detección 22 que  
corresponde a la aparición de una señal de recepción detectable (desde el punto de vista de una amplitud  
significativa producida por el objeto móvil) pueden diferir significativamente, llega a ser evidente que, con  
independencia de la posición donde el balón pasa a través del plano de detección 22, el cambio de fase ocurre  
precisamente en la posición del plano de detección 22, es decir,  $z = 0$ . Esto es debido particularmente a la forma  
geométrica de las antenas de cuadro 4a-d del sistema de antenas, debido en particular a su orientación con  
respecto al plano de detección y debido a la generación del campo electromagnético de excitación 10 por las  
35 antenas de cuadro. Por lo tanto, la detección fiable de un gol se puede conseguir sobre toda la zona de detección  
(es decir, la portería 1), en particular, ya que puede detectarse con alta precisión un cambio de fase, es decir, el  
cambio de una condición de fase de  $180^\circ$  (un cambio de signo de una cantidad particular).

40 La figura 9 ilustra una posible implementación de cómo se puede realizar la detección del cambio de fase, que  
permite adicionalmente cancelar los efectos a largo plazo, tales como las desviaciones inducidas por la temperatura  
del sistema o similares. En principio, las señales de recepción, como se reciben en los terminales de señales de las  
antenas de cuadro 4a-d, se pueden proporcionar o alimentar a un circuito receptor, donde la señal retrodispersada,  
es decir, la señal recibida, como está causada por el campo magnético 12 del objeto móvil 11, sufre una conversión  
reductora a una señal de banda base compleja. La conversión reductora da como resultado un vector de valor  
45 complejo para la señal de recepción. El vector de la señal de recepción puede compararse con el vector de señales  
de la señal de excitación utilizada para generar el campo electromagnético de excitación. Como se ilustra en la  
figura 3 para una configuración ideal, el desplazamiento de fase  $\Delta\phi$  entre los dos vectores es  $90^\circ$ . Sin embargo,  
debido a las longitudes de cable, las variaciones y los tiempos de funcionamiento distintos en los circuitos  
receptores, o a influencias similares, el desplazamiento de fase será, en general, diferente de  $90^\circ$ . La amplitud del  
vector complejo que representa la señal recibida depende de la posición del balón, en particular, de la distancia del  
50 balón con respecto al plano de detección. Como ya se ha indicado en la figura 8, sin embargo, se produce una  
inversión de fase cuando el balón pasa el plano de detección o la línea de portería.

En los algoritmos de detección de goles, las partes imaginaria y real de la señal de banda base de valor complejo se  
pueden procesar separadamente. Es decir, un algoritmo utilizado para detectar el paso de un objeto móvil 11 a  
través del plano de detección 22 puede buscar un punto de cruce por cero, es decir, para una configuración donde el  
vector de valor complejo cruza el cero debido al cambio de la condición de fase. A fin de suprimir los efectos del  
55 ruido, se puede verificar adicionalmente si un pico de amplitud por encima de un cierto umbral mínimo se produjo  
justo antes del cambio de fase o el punto de cruce por cero. Además, a fin de evitar las detecciones incorrectas  
causadas por desviaciones a largo plazo de todo el sistema, las realizaciones adicionales pueden utilizar dos  
frecuencias diferentes. Una frecuencia de una señal de excitación utilizada para la generación del campo  
electromagnético de excitación 10 puede corresponder a la frecuencia de resonancia del resonador 16 del objeto  
60 móvil 11, mientras que una frecuencia adicional puede estar ligeramente por debajo o por encima de la frecuencia  
de resonancia. Por lo tanto, el objeto móvil o el balón 11 es menos sensible a la segunda frecuencia que da como  
resultado un campo magnético emitido que induce una señal de recepción de una amplitud más baja si se compara

con la señal de recepción causada por la señal de excitación a la frecuencia de resonancia. Los efectos de la desviación, sin embargo, influyen en ambas señales de recepción idénticamente y una diferencia entre las dos amplitudes de señal permanece la misma, cuando los efectos de la desviación inducen cambios. Por consiguiente, se pueden identificar y compensar esos cambios. Si, sin embargo, un balón se está aproximando a la portería o al plano de detección 22, la diferencia entre ambas señales disminuye y cae a cero cuando el balón cruza el plano de detección 22, lo que permite una discriminación frente a los efectos de la desviación.

Las realizaciones adicionales pueden evitar determinaciones incorrectas de goles al sumar la señal de las antenas de cuadro 4a-d y de las antenas de cuadro 6a-d adicionales, es decir, de las antenas de la línea de portería y las antenas de marco para obtener un vector complejo que indica una orientación del campo generado o emitido por el balón 11 y, por consiguiente, una indicación de la posición del balón con respecto al sistema de antenas. En particular, usando las estimaciones de los vectores de campo, como se determinan por múltiples sistemas de antenas, se puede proporcionar la posibilidad de estimar la posición del balón. Esta información se puede usar además como una verificación de la consistencia a fin de evitar las detecciones incorrectas de goles causadas por los efectos del ruido o la desviación a largo plazo.

La figura 9 muestra, para las dos señales de recepción 42a y 42b ilustradas en la figura 8, el efecto de usar señales de excitación de frecuencia ligeramente distinta a fin de generar el campo electromagnético de excitación 10. La respuesta, es decir, la señal de recepción causada por el campo electromagnético excitado con la frecuencia de resonancia se muestra en un primer gráfico 44a, mientras que la señal de recepción causada por una señal de excitación desde antenas diferentes se ilustra por un segundo gráfico 44b. Como se ilustra en la figura 9, las dos señales muestran las características de señal desarrolladas en lo anterior y, por consiguiente, permiten evitar las detecciones incorrectas de goles.

La figura 10 muestra un diagrama de circuito de una realización al ilustrar las componentes individuales de un sistema de antenas 2c según una realización y el acoplamiento a su entorno.

Solamente por sencillez de ilustración, la antena de cuadro 4c se ilustra en la figura 10, mientras que la antena de cuadro 6c adicional, es decir, la antena de marco, no se muestra, ya que esta antena no tiene que estar equilibrada o compensada con la misma precisión que la antena de la línea de portería o sensora 4c. La antena de cuadro 4c comprende la primera trayectoria de señal 30a y la segunda trayectoria de señal 30b. En un centro de simetría de las dos trayectorias 30a, 30b, que definen una zona de campo magnético de excitación nulo o bajo, está situado un núcleo magnético 31. Las propiedades de transmisión de las trayectorias de señal primera y segunda 30a, 30b se ilustran por unas inductancias primera y segunda 46a y 46b correspondientes, así como por unas resistencias primera y segunda 48a y 48b correspondientes. Como ya se ha mencionado anteriormente, la señal de excitación 28 puede ser dividida en el primer terminal 26a de manera que se utilizan ambas trayectorias de señal 30a y 30b para la generación del campo electromagnético de excitación 10. La señal de ambas trayectorias de señal 30a y 30b se suma en el segundo terminal 26b, donde se conecta la fuente de corriente que proporciona la señal de excitación 28. La influencia del poste metálico de una portería o similar está modelada por el acoplamiento inductivo entre una inductancia 50 del poste de aluminio, que está conectada en serie a una resistencia 52 asociada. A fin de compensar la influencia del poste, el sistema de antenas ilustrado en la figura 10 incorpora una trayectoria de señal de compensación 32, conectada en paralelo a la segunda trayectoria de señal 30b. La trayectoria de señal de compensación 32 tiene asociada una resistencia intrínseca 54 y una inductancia intrínseca 56. La distancia entre la trayectoria de señal de compensación 32 y la segunda trayectoria de señal 30b puede ser ajustable, según algunas realizaciones, para compensar la influencia de las corrientes parásitas en el poste de aluminio. Según las realizaciones adicionales, la trayectoria de señal de compensación 32 puede comprender además una inductancia variable 58, de manera que es capaz de compensar con más precisión la influencia del poste de aluminio o de otras influencias. En otras palabras, se puede usar un hilo adicional, que discurre o se extiende paralelo a la segunda trayectoria de señal 30b del cuadro de antena 4c y que construye un circuito de acoplamiento ( $L_{\text{portería } 2}$ ,  $L_{\text{comp}}$ ,  $M_{\text{comp, var}}$ ). Al cambiar la distancia entre el hilo de compensación y el cuadro de antena 4c, se puede ajustar el factor de acoplamiento  $M_{\text{comp, var}}$ . Además o alternativamente, un inductor variable 58 o una capacitancia variable se puede implementar en la trayectoria de compensación 32. Los dos elementos variables  $L_{\text{comp, var}}$  y  $M_{\text{comp, var}}$  se pueden sintonizar de modo que ambos lados del cuadro, es decir, la primera trayectoria de señal 30a en el primer lado del plano de detección 22 y la segunda trayectoria de señal 30b en combinación con la trayectoria de señal de compensación 32 en el lado opuesto del plano de detección 22, están equilibrados. Es decir, en la situación equilibrada,  $I_{\text{TX1}} = I_{\text{TX2}} = 1/2 \cdot I_{\text{exc}}$ , estando en fase las señales de corriente.

En algunas realizaciones, la antena de cuadro 4c puede comprender además un puerto de señales 60 que comprende un primer terminal de señales 60a y un segundo terminal de señales 60b a fin de proporcionar la señal de recepción de la antena de cuadro 4c. La señal de recepción puede estar desacoplada de la antena de cuadro 4c mediante un transformador 62. El transformador 62 puede estar formado por una primera bobina 64a y una segunda bobina 64b, así como por una tercera bobina 66. La primera bobina 64a puede ser parte de la primera trayectoria de señal 30a y la segunda bobina 64b puede ser parte de la segunda trayectoria de señal 30b, en donde el primer terminal 28 puede estar situado entre las bobinas primera y segunda 64a y 64b. Las bobinas primera y segunda 64a y 64b pueden estar arrolladas, sin embargo, con orientaciones diferentes, es decir, la tercera bobina 66 puede estar acoplada a las bobinas primera y segunda 64a y 64b de manera que no se induce esencialmente ninguna corriente en la tercera bobina 66 cuando la corriente a través de las bobinas primera y segunda 64a y 64b es esencialmente la



misma, es decir, cuando la antena está equilibrada. Por lo tanto, en la situación de una antena equilibrada, no se induce ninguna corriente en la tercera bobina 66 y, por consiguiente, no se proporciona ninguna señal de recepción significativa en los terminales de señales primero y segundo 60a y 60b cuando no está presente o próximo el objeto móvil.

- 5 A fin de poder realizar la discriminación anterior de la señal de recepción 29 y, por consiguiente, la determinación del paso del balón 11 a través del plano de detección 22, sin embargo, puede ser deseable el conocimiento sobre una relación de fase entre la señal de excitación 28 y una señal de recepción 29, como se proporciona en los terminales de señales 60a y 60b. Una amplitud arbitraria y una distorsión en fase pueden resultar a partir de un retardo en los cables de antena o en la trayectoria de recepción de un receptor acoplado al terminal de señales 60. Estas puede  
10 que tengan que ser compensadas. En la configuración deseable de un sistema de antenas completamente equilibrado, sin embargo, no está presente ninguna señal en los terminales de señales 60a y 60b, que se pueden utilizar para la determinación de la relación de fase.

- A fin de proporcionar la posibilidad de tal calibración, las realizaciones adicionales pueden comprender opcionalmente un generador de señales de calibración 69 que se puede hacer funcionar para modificar las características del sistema de antenas de manera que se genera una señal en los terminales de señales 60a y 60b.  
15 Según algunas realizaciones, esto se puede conseguir gracias a elementos de sintonización conmutables en la primera y/o la segunda trayectorias de señal 30a, 30b para llevar intencionadamente la antena al desequilibrio. Los ejemplos de esos elementos de sintonización pueden ser inductores o elementos de acoplamiento adicionales que se pueden encender y apagar mediante relés o circuitos de transistores. Es decir, según algunas realizaciones, el  
20 generador de señales de calibración 69 puede comprender un circuito de calibración que puede acoplarse a la primera o la segunda trayectoria de señal 30a o 30b bajo demanda.

- Según otra realización, sin embargo, el generador de señales de calibración 69 puede permitir cambiar la configuración de la circuitería utilizada para generar el campo electromagnético de excitación 10, de manera que dicho campo electromagnético de excitación 10 cambiado puede inducir una cantidad menor de corriente en la  
25 antena de cuadro 4c y, opcionalmente, también en la antena de cuadro 6c adicional (la antena de marco). Las diferentes configuraciones de cuadro excitador se pueden cambiar mediante un relé o una circuitería de transistores, que es capaz de conmutar entre al menos dos configuraciones diferentes. Según la realización de la figura 11, el generador de señales de calibración 69 se puede hacer funcionar para seleccionar una de las dos trayectorias de señal 70a y 70b de cuadro a tierra diferentes. En la configuración de la primera trayectoria de señal 70a de cuadro a tierra, el vector de campo 72 de la componente magnética del campo electromagnético de excitación 10, como se  
30 crea por la antena de cuadro 4c, es, en el plano de detección 22, perpendicular a dicho plano de detección 22 y, por lo tanto, no se induce ninguna señal en una antena de cuadro sensora 4c equilibrada. En la segunda configuración, como se muestra en la ilustración inferior de la figura 11, sin embargo, se elige una segunda trayectoria de señal 70b de cuadro a tierra de manera que el vector de campo 72 está ligeramente inclinado y, por consiguiente, se induce  
35 una señal en la antena de cuadro sensora 4c. La señal así inducida se pueda utilizar para determinar la relación de fase entre la señal de excitación 28 y la señal de recepción 29.

El sistema de antenas de la figura 10 puede comprender además un dispositivo evaluador de señales 68 acoplado al terminal de señales 60 del sistema de antenas para evaluar la señal de recepción y para determinar una señal indicativa de la posición y/o el paso del objeto móvil a través del plano de detección 22.

- 40 Según las realizaciones adicionales, una zona 27 libre de campo, es decir, una zona del campo electromagnético de excitación 12 por debajo del umbral de intensidad de campo, para una antena de cuadro sensora con o sin núcleo magnético, se puede obtener también si se emplean conductores eléctricos huecos o líneas de transmisión coaxiales para llevar la corriente de excitación  $I_{EXC}$ . Por consiguiente, dicha al menos una antena (de cuadro) de excitación puede estar formada por un conductor de corriente eléctrica hueco según algunas realizaciones. Como se  
45 ilustra esquemáticamente en la figura 12a, existe una zona 27 en el interior de un conductor eléctrico 74 hueco o una línea de transmisión coaxial en la que no está presente teóricamente el campo magnético causado por la corriente de excitación  $I_{EXC}$  que circula en la envoltura exterior del conductor eléctrico hueco. Es decir, en el interior del conductor 74 hueco, el campo magnético  $H_i$  es al menos próximo a cero, mientras que en el exterior de la vaina del conductor 74 hueco, el campo  $H_a$  se comporta usualmente. Por consiguiente, dicha al menos una antena sensora  
50 puede comprender al menos un núcleo magnético situado en el interior del conductor de corriente eléctrica 74 hueco, en donde dicho al menos un núcleo magnético está asociado a un cuadro de antena sensora. Una antena de cuadro sensora 4 con un núcleo magnético 31 en el interior de un conductor 74 hueco se ilustra esquemáticamente en la figura 12b.

- Según algunas realizaciones, se puede detectar una señal de recepción externa (que resulta de un campo electromagnético de respuesta, exterior o externo al conductor hueco) mediante una antena de cuadro sensora en el interior del conductor de corriente hueco/línea de transmisión coaxial, incluso sin un núcleo magnético adicional. Cuando se usa un núcleo magnético en el interior de la antena de cuadro sensora 4, se puede realizar para el cuadro sensor la denominada antena de imán apantallada. Mediante una circuitería adecuada dentro del conductor 74 hueco, las componentes de campo eléctrico se pueden mantener lejos del cuadro sensor 4. Por consiguiente, se  
60 puede suprimir el acoplamiento parásito debido únicamente a las componentes de campo eléctrico.

El conductor 74 hueco puede ser un poste o travesaño de portería según algunas realizaciones que se refieren a aplicaciones de detección de goles. El efecto de apantallar del poste de portería (p. ej., de aluminio) puede debilitarse o evitarse mediante diversas medidas. Tales medidas pueden ser la selección adecuada del material (p. ej., no conductores) o de combinaciones de materiales (p. ej., conductor/no conductor) o de cavidades en el material del poste, tales como agujeros, rendijas, o similares. Por consiguiente, una envoltura exterior eléctricamente conductora del conductor eléctrico 74 hueco puede comprender partes (esencialmente) eléctricamente no conductoras para hacer pasar la señal de respuesta electromagnética al núcleo magnético 31 de dicha al menos una antena sensora al interior del conductor eléctrico 74 hueco. En algunas realizaciones, dicha al menos una antena de excitación puede estar formada por un poste hueco de una portería, y dicho al menos un núcleo magnético 31 de la antena sensora puede estar situado en el interior del poste. Un montaje enrasado de las barras de ferrita 31 en un poste hueco que actúan como núcleos magnéticos de un cuadro sensor 4 en el interior del poste se ilustra en las vistas desde arriba de la figura 12c. Una componente magnética de la señal de respuesta electromagnética puede acoplarse al cuadro de antena sensora 4 o a su núcleo magnético 31 en el interior del poste hueco mediante partes no conductoras 75 en la envoltura exterior del poste, tales como agujeros o rendijas.

Cuando el núcleo magnético 31 de la antena sensora está situado en el interior del poste, el núcleo magnético 31 está situado también esencialmente en el plano de detección 22, que está definido por los postes y/o los travesaños de la portería, en este caso. Para ser más específicos, el eje longitudinal del núcleo magnético 31 está situado esencialmente dentro del plano de detección (físico) 22. El experto en la técnica reconocerá que con fines de detección de goles se puede colocar un plano de detección virtual a la mitad del diámetro de un balón por detrás del plano de detección físico 22 mediante algoritmos informáticos adecuados.

La figura 13 ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo 80 de un método para determinar el paso de un objeto móvil a través de una zona de detección dentro de un plano de detección según una realización. El objeto móvil emite un campo magnético, por ejemplo mediante retrodispersión, usando la configuración mostrada en la figura 14. El método 80 comprende una acción 82 de proporcionar o generar, mediante al menos una antena excitadora 9, un campo electromagnético de excitación 12 por encima de un umbral de intensidad de campo próximo al plano de detección 22 o dentro del mismo, en donde el campo electromagnético de excitación es capaz de excitar el objeto desplazable 11 para emitir una señal de respuesta electromagnética 44a, 44b que comprende información sobre una posición del objeto desplazable 11. Además, el método comprende una acción 84 de recibir, mediante al menos una antena sensora 4a-d que comprende un núcleo magnético 31, la señal de respuesta electromagnética 44a, 44b, en donde dicho al menos un núcleo magnético 31 está situado en una zona 27 del campo electromagnético de excitación 12 por debajo del umbral de intensidad de campo.

La figura 14 muestra una realización del equipamiento deportivo o una configuración de sensores a usar con un sistema de antenas según cualquiera de las realizaciones, que emite un campo magnético 12 utilizado para determinar el paso del equipamiento deportivo o del objeto móvil a través del plano de detección 22. El objeto móvil o el equipamiento deportivo de la figura 14 comprende tres cuadros de antena 14a a 14c perpendiculares por parejas que pueden estar conectados en serie con un resonador 16 que tiene una frecuencia de resonancia correspondiente esencialmente a la frecuencia de un campo electromagnético de excitación 10. Según algunas realizaciones, la frecuencia de resonancia está dentro del intervalo de 10 kHz a 300 kHz o, preferiblemente, en el intervalo de 30 kHz a 200 kHz, de manera que usa campos electromagnéticos que no son perturbados por la presencia de seres humanos, animales u otras criaturas vivas de modo que se puede realizar una detección fiable de un gol, incluso cuando la zona de la portería está abarrotada con futbolistas o con otra gente.

Aunque ilustradas y explicadas principalmente con respecto a la detección de goles en un partido de fútbol, las realizaciones adicionales se pueden utilizar en cualquier otra circunstancia donde sea deseable detectar el paso de un objeto desplazable o de cualquier clase de objeto a través de un plano de detección particular. Por ejemplo, puede ser cualquier otra clase de juego deportivo, tal como por ejemplo el balonmano, el fútbol americano, el polo, el críquet, el hockey, el hockey sobre hielo o similar. Además, las realizaciones se pueden utilizar para seguir el transporte de mercancías desplazables dentro de un almacén o similar. En otra implementación, las realizaciones de sistemas de antenas se pueden utilizar para detectar el cruce de corredores o ciclistas o de otros competidores en la línea de comienzo de un acontecimiento deportivo de masas o similar.

La descripción y los dibujos ilustran simplemente los principios de las realizaciones. Así, se apreciará que los expertos en la técnica serán capaces de concebir diversas disposiciones que, aunque no descritas o mostradas explícitamente en la presente memoria, incorporan los principios de las realizaciones y están incluidas dentro de su espíritu y su alcance. Además, todos los ejemplos enumerados en la presente memoria están previstos principalmente de modo expreso para ser solamente con fines pedagógicos, que ayuden al lector en la comprensión de los principios de las realizaciones y los conceptos con los que han contribuido el o los inventores a promover la técnica, y se han de interpretar como que son, sin limitación, para tales ejemplos y condiciones específicamente enumerados. Además, todas las exposiciones en la presente memoria que enumeran principios, aspectos y realizaciones, así como ejemplos específicos de los mismos, están destinadas a abarcar sus equivalentes.

Los bloques funcionales indicados como “medios para...” (realizar una cierta función) se entenderán como bloques funcionales que comprenden circuitería que está adaptada para realizar una cierta función, respectivamente. Por consiguiente, “medios para algo” también pueden entenderse como “medios que están adaptado a o son adecuados

para algo". Medios que están adaptados para realizar una cierta función, por consiguiente, no implica que tales medios estén realizando necesariamente dicha función (en un momento dado).

5 Cuando las proporciona un procesador, las funciones pueden ser proporcionadas por un único procesador dedicado, por un único procesador compartido o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden estar compartidos. Además, el uso explícito del término "procesador" o "controlador" no debe interpretarse como que hace referencia exclusivamente a hardware capaz de ejecutar software, ya que puede incluir implícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señales digitales (DSP), un procesador de red, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una agrupación de puertas programables en campo (FPGA), una memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, una memoria de acceso aleatorio (RAM) y un almacenamiento no volátil. Puede incluirse también otro tipo de hardware, usual y/o a medida.

10 Los expertos en la técnica deberían apreciar que cualquier diagrama de bloques representa en la presente memoria vistas conceptuales de circuitería ilustrativa que incorpora los principios de las realizaciones. De modo similar, se apreciará que cualquier esquema de flujo, diagrama de flujo, diagrama de transición de estado, seudocódigo, y similar representa diversos procesos que se pueden representar sustancialmente en un soporte legible por ordenador y ejecutar así mediante un ordenador o procesador, si se muestra explícitamente o no tal ordenador o procesador.

15 Además, las siguientes reivindicaciones se incorporan en esta memoria en la Descripción detallada, donde cada reivindicación puede representar, por sí misma, una realización independiente. Aunque cada reivindicación puede representar, por sí misma, una realización independiente, se ha de señalar que -aunque una reivindicación dependiente puede hacer referencia, en las reivindicaciones, a una combinación específica con una o más de otras reivindicaciones- otras realizaciones pueden incluir también una combinación de la reivindicación dependiente con la materia sustantiva de cada una de las otras reivindicaciones dependientes. Se han propuesto tales combinaciones en la presente memoria a menos que se indique que no se pretende una combinación específica. Además, se pretende incluir también características de una reivindicación para otra reivindicación independiente cualquiera, incluso si esta reivindicación no se hace directamente dependiente de la reivindicación independiente.

20 Se ha de señalar además que los métodos descritos en la memoria descriptiva o en las reivindicaciones se pueden implementar gracias a un dispositivo que tiene medios para realizar cada una de las etapas respectivas de estos métodos.

25 Además, se ha de entender que la descripción de múltiples etapas o funciones divulgadas en la memoria descriptiva o las reivindicaciones puede no interpretarse como que está dentro del orden específico. Por lo tanto, la descripción de múltiples etapas o funciones no las limitará a un orden particular, a menos que tales etapas o funciones no sean intercambiables por razones técnicas. Además, en algunas realizaciones, una única etapa puede incluir o puede estar dividida en múltiples etapas secundarias. Tales etapas secundarias pueden estar incluidas y ser parte de la descripción de esta única etapa, a menos que se excluya explícitamente.

35

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de antenas (2a-d) para determinar el paso de un objeto desplazable (11) a través de una zona de detección dentro de un plano de detección (22), comprendiendo el sistema de antenas (2a-d):
- 5 una antena de cuadro excitadora (9) que abarca el plano de detección (22) y está configurada para proporcionar un campo electromagnético de excitación (12), en donde el campo electromagnético de excitación (12) o al menos una componente espacial del mismo perpendicular al plano de detección tiene una intensidad de campo por encima de un umbral de intensidad de campo en la zona de detección, en donde el campo electromagnético de excitación es capaz de excitar el objeto desplazable (11) para emitir una señal de respuesta electromagnética (44a, 44b) que comprende información sobre una posición del objeto desplazable (11),
- 10 en donde la antena de cuadro excitadora (9) comprende, dentro de la trayectoria de la señal de excitación de la antena de cuadro excitadora (9), una trayectoria de bucle cerrado (30a; 30b) formada entre un primer terminal (26a) y un segundo terminal (26b) en la trayectoria de la señal de excitación, en donde una señal de excitación se desplaza desde el primer (26a) hasta el segundo terminal (26b) por una primera trayectoria de señal (30a) y una segunda trayectoria de señal (30b) diferente que forma la trayectoria de bucle cerrado (30a; 30b), en donde la
- 15 trayectoria de bucle cerrado (30a; 30b) abarca un plano de antena sensora perpendicular al plano de detección (22); y
- una antena de cuadro sensora (4a-d; 4b', 4c') que comprende un núcleo magnético (31), con un eje longitudinal perpendicular al plano de antena sensora, para recibir la señal de respuesta electromagnética (44a, 44b), en donde
- 20 el núcleo magnético (31) está situado entre la primera y la segunda trayectorias de señal (30a; 30b) dentro de una zona (27) predefinida alrededor de una intersección del plano de detección (22) y el plano de antena sensora, formando la zona (27) predefinida una zona (27) del campo electromagnético de excitación (12) donde la intensidad de campo del campo electromagnético de excitación (12) o al menos una componente espacial del mismo paralela al eje longitudinal del núcleo magnético está por debajo de dicho umbral de intensidad de campo.
2. El sistema de antenas (2a-d) según la reivindicación 1, en donde la zona (27) del campo electromagnético de excitación (12) que tiene una intensidad de campo por debajo del umbral de intensidad de campo es una zona de superposición destructiva de las componentes de campo electromagnético que tienen su origen en la primera trayectoria de señal (30a) y la segunda trayectoria de señal (30b) de la antena de cuadro excitadora (9).
3. El sistema de antenas (2a-d) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el eje longitudinal del núcleo magnético (31) de la antena de cuadro sensora (4a-d, 4b', 4c') está situado dentro del plano de detección
- 30 (22).
4. El sistema de antenas (2a-d) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la antena de cuadro excitadora (9) comprende un conductor de corriente eléctrica (74) hueco y en donde la antena de cuadro sensora comprende el núcleo magnético (31) en el interior del conductor de corriente eléctrica (74) hueco, en donde una envoltura exterior eléctricamente conductora del conductor eléctrico (74) hueco comprende unas partes eléctricamente no conductoras (75) para hacer pasar la señal de respuesta electromagnética (44a, 44b) al núcleo magnético (31) de la antena de cuadro sensora (4a-d).
5. El sistema de antenas (2a-d) según la reivindicación 4, en donde la antena de cuadro excitadora (9) comprende un poste hueco de una portería y en donde el núcleo magnético de la antena de cuadro sensora está situado en el interior del poste.
6. El sistema de antenas (2a-d) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la primera y la segunda trayectorias de señal (30a; 30b) se extienden simétricamente y en lados diferentes del plano de detección (22).
7. El sistema de antenas (2a-d) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el sistema de antenas está configurado para propagar la señal de excitación (28) desde el primer terminal (26a) hasta el segundo terminal (26b) por la primera trayectoria de señal (30a) y la segunda trayectoria de señal (30b) simultáneamente y en fase.
8. El sistema de antenas (2a-d) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la antena de cuadro excitadora (9) está configurada para proveer al campo electromagnético de excitación (12) de dos de las tres componentes espaciales mutuamente perpendiculares del campo electromagnético de excitación (12) que se anulan esencialmente dentro del plano de detección (22), en donde la tercera componente que no se anula del campo electromagnético de excitación forma una normal del plano de detección (22) y es capaz de excitar el objeto desplazable (11) para emitir la señal de respuesta electromagnética, y en donde el núcleo magnético (31) está
- 50 situado en el plano de detección (22), con un eje longitudinal del núcleo magnético (31) que se extiende en el plano de detección (22) y perpendicularmente a la tercera componente que no se anula del campo electromagnético de excitación.
9. El sistema de antenas (2a-d) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el núcleo magnético (31) comprende un material ferromagnético y/o ferrimagnético, en particular ferrita.
- 55

10. Una portería acoplada al sistema de antenas (2a-d) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el plano de detección es paralelo al plano de portería o coincide con el mismo.

5 11. Un método (80) para determinar el paso de un objeto desplazable (11) a través de una zona de detección dentro de un plano de detección (22) usando el sistema de antenas (2a-d) según una cualquiera de las reivindicaciones previas, comprendiendo el método:

10 proporcionar (82), mediante la antena de cuadro excitadora (9) que abarca el plano de detección (22), un campo electromagnético de excitación (12), en donde el campo electromagnético de excitación (12) o al menos una componente espacial del mismo perpendicular al plano de detección tiene una intensidad de campo por encima de un umbral de intensidad de campo en la zona de detección, en donde el campo electromagnético de excitación (12) es capaz de excitar el objeto desplazable (11) para emitir una señal de respuesta electromagnética (44a, 44b) que comprende información sobre una posición del objeto desplazable (11),

15 en donde proporcionar el campo electromagnético de excitación (12) comprende transferir una señal de excitación (28) por la primera trayectoria de señal (30a) y por la segunda trayectoria de señal (30b) que forman la trayectoria de bucle cerrado entre el primer terminal y el segundo terminal de la trayectoria de la señal de excitación de la antena de cuadro excitadora (9), en donde la trayectoria de bucle cerrado (30a; 30b) abarca el plano de antena sensora perpendicular al plano de detección (22); y

20 recibir (84), mediante la antena de cuadro sensora (4a-d; 4b', 4c') que comprende el núcleo magnético (31), la señal de respuesta electromagnética (44a, 44b), en donde el núcleo magnético (31) está situado entre la primera y la segunda trayectorias de señal (30a; 30b) dentro de una zona (27) predefinida alrededor de una intersección del plano de detección (22) y el plano de antena sensora, formando la zona (27) predefinida una zona (27) del campo electromagnético de excitación (12) donde la intensidad de campo del campo electromagnético de excitación o al menos una componente espacial del mismo paralela al eje longitudinal del núcleo magnético está por debajo de dicho umbral de intensidad de campo.

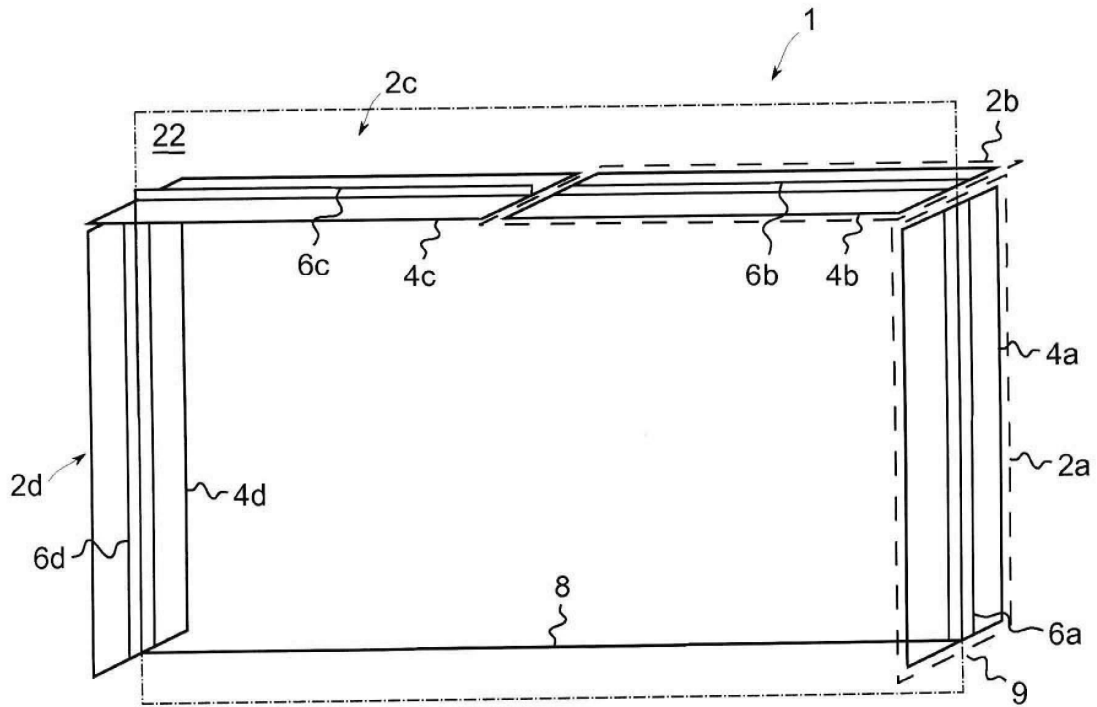


Fig. 1

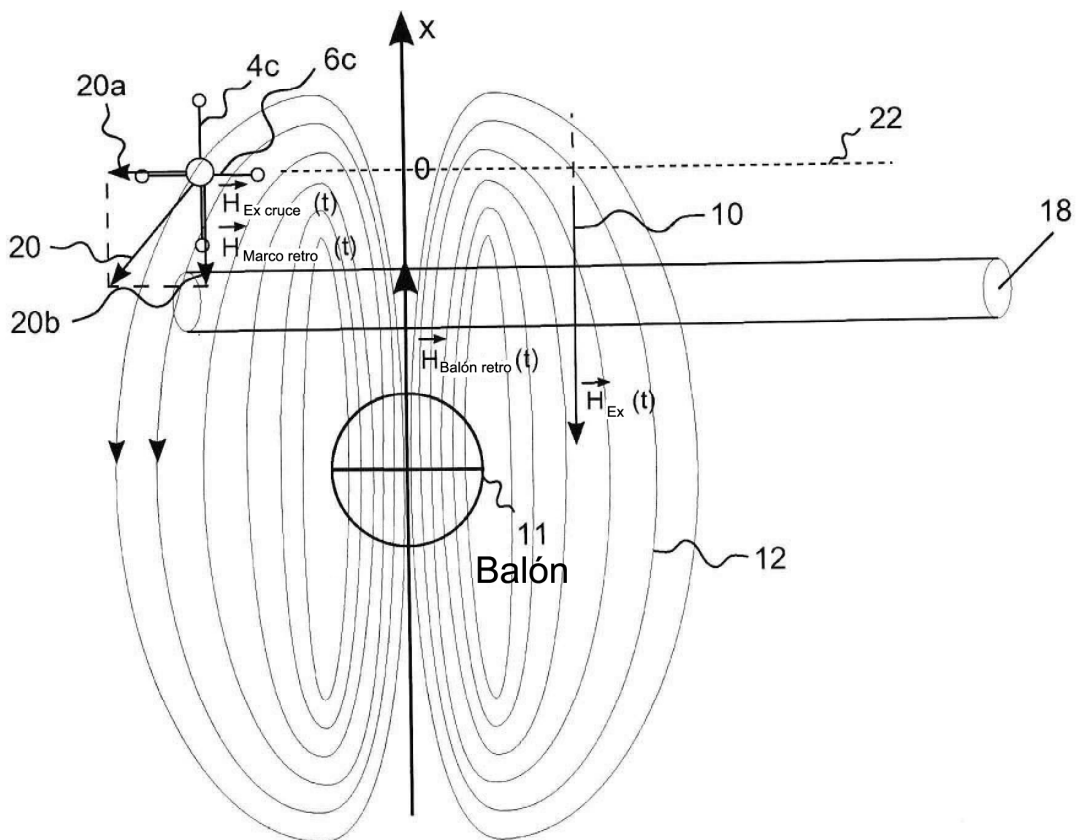


Fig. 2

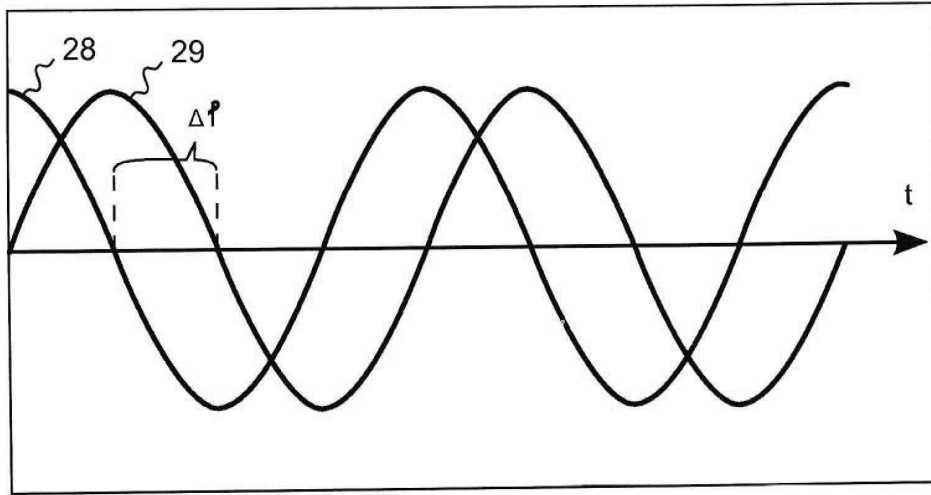


Fig. 3

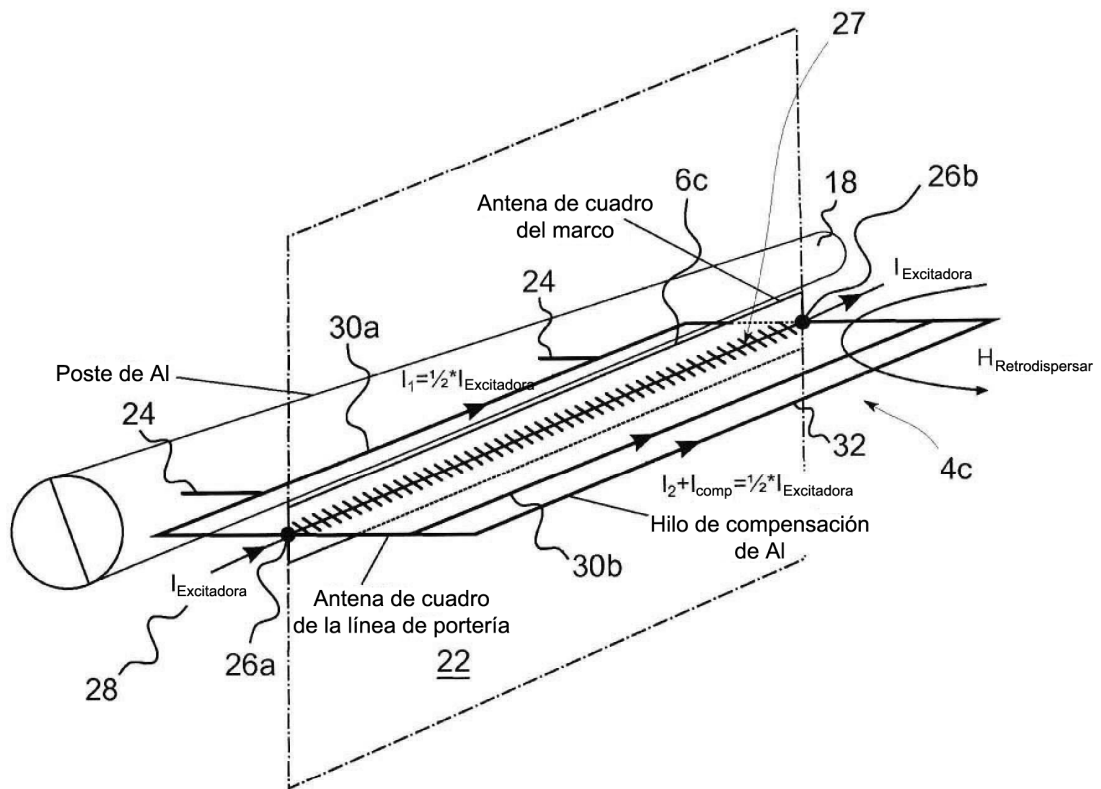


Fig. 4a

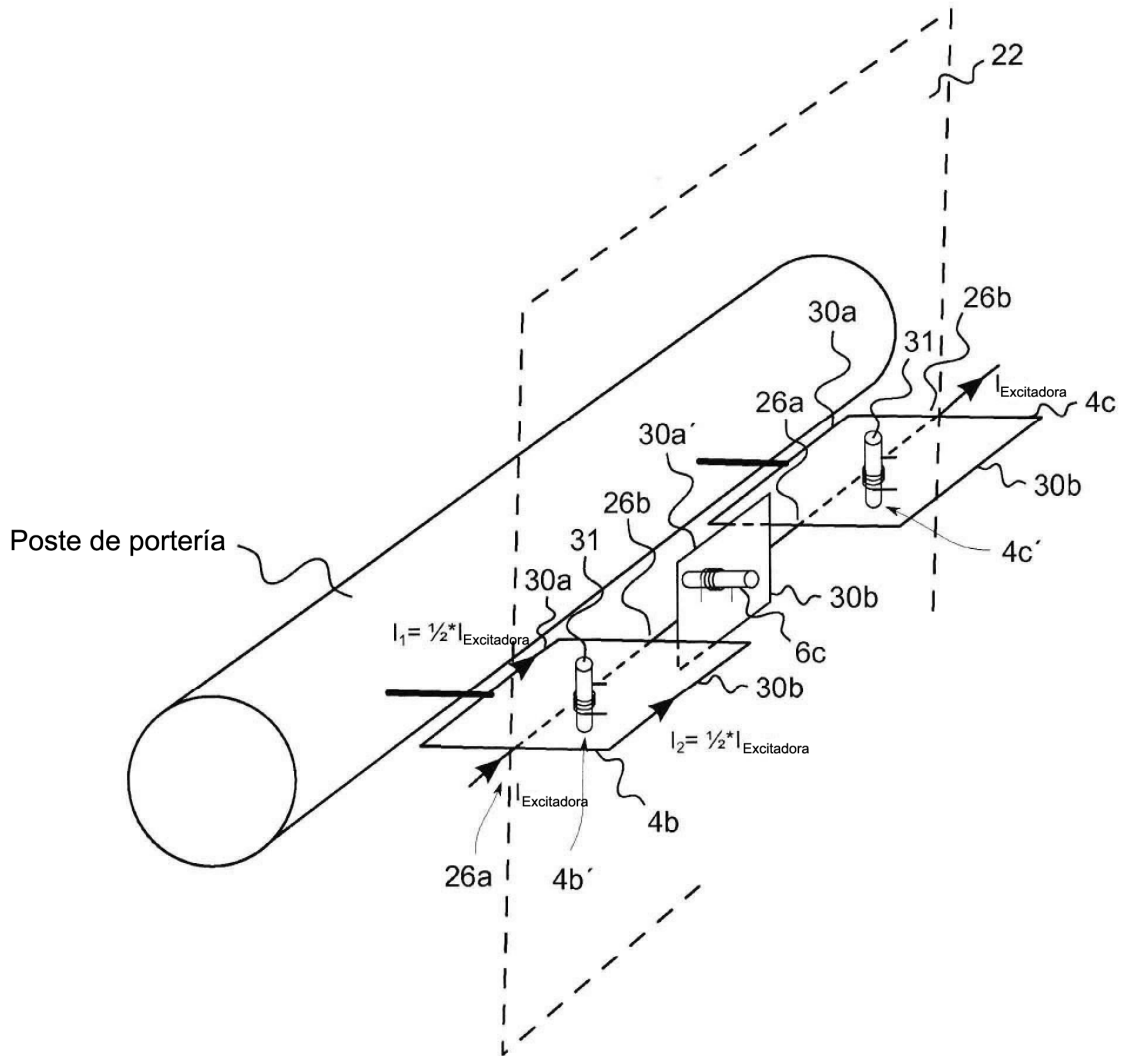


Fig. 4b



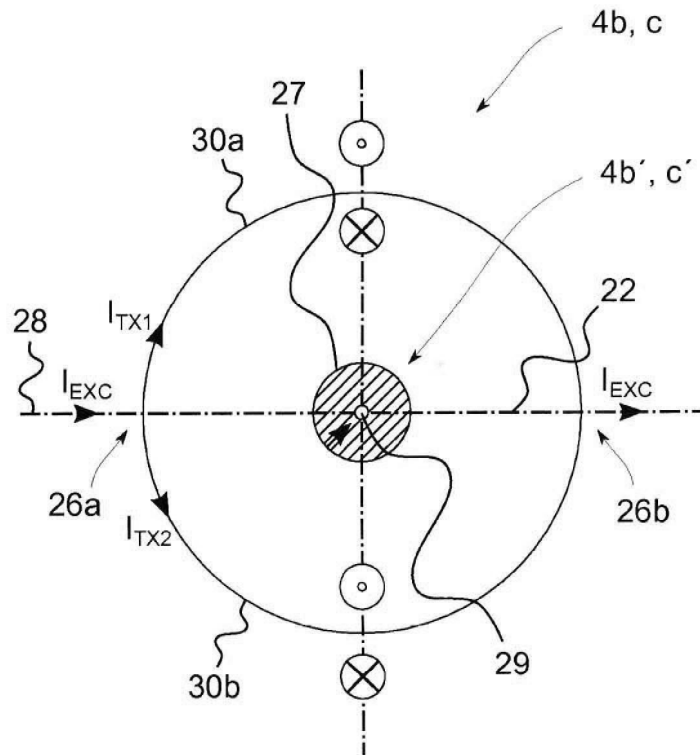


Fig. 5a

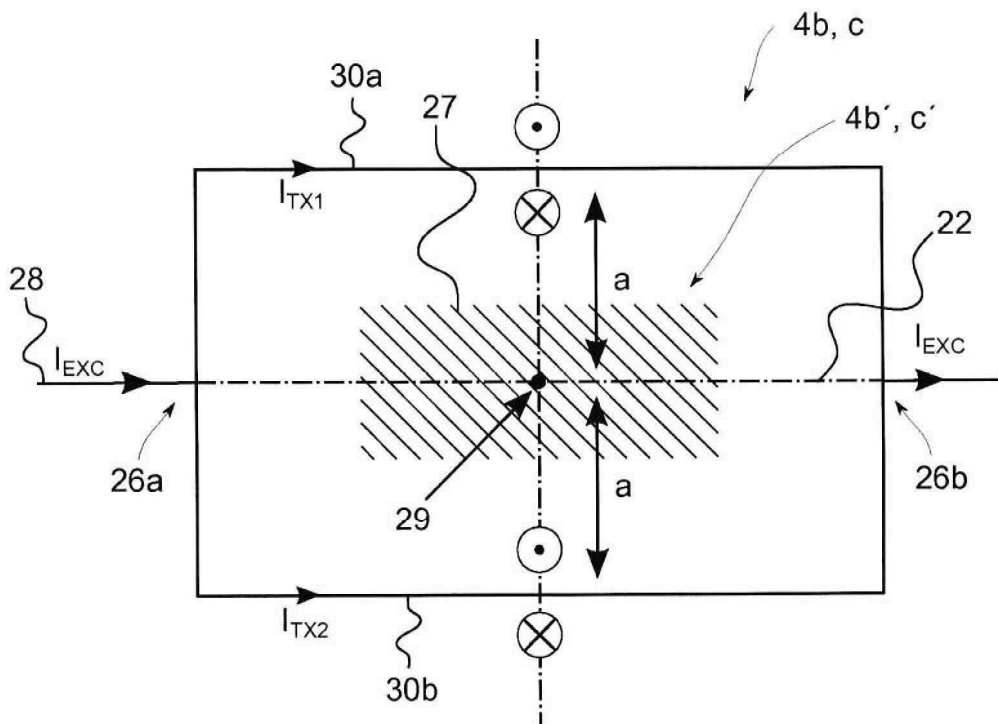


Fig. 5b

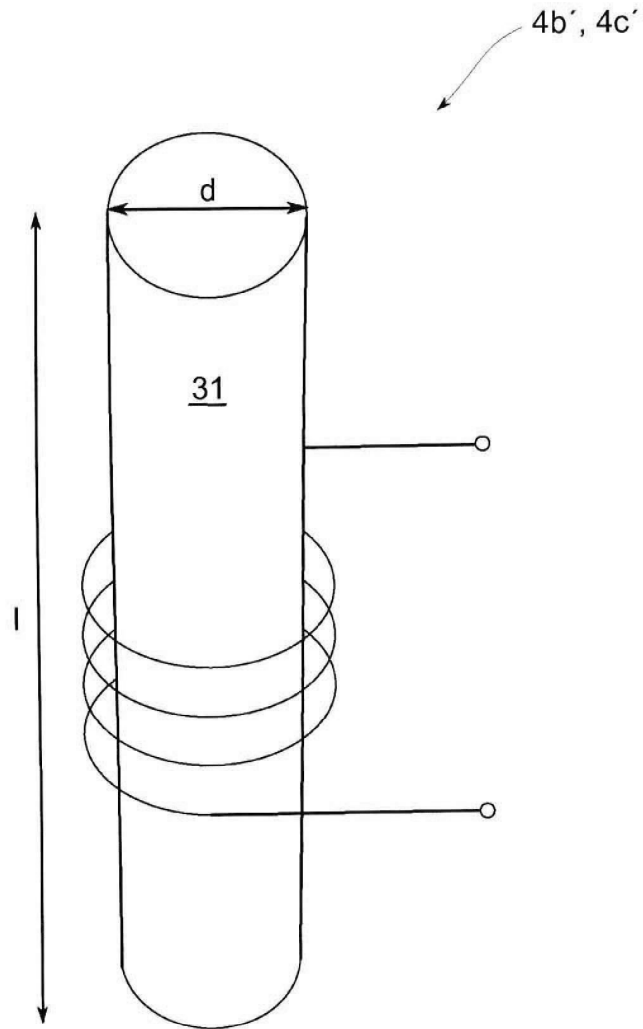


Fig. 5c

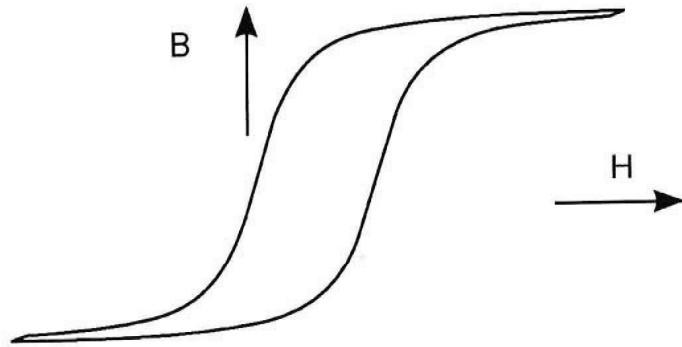


Fig. 6a

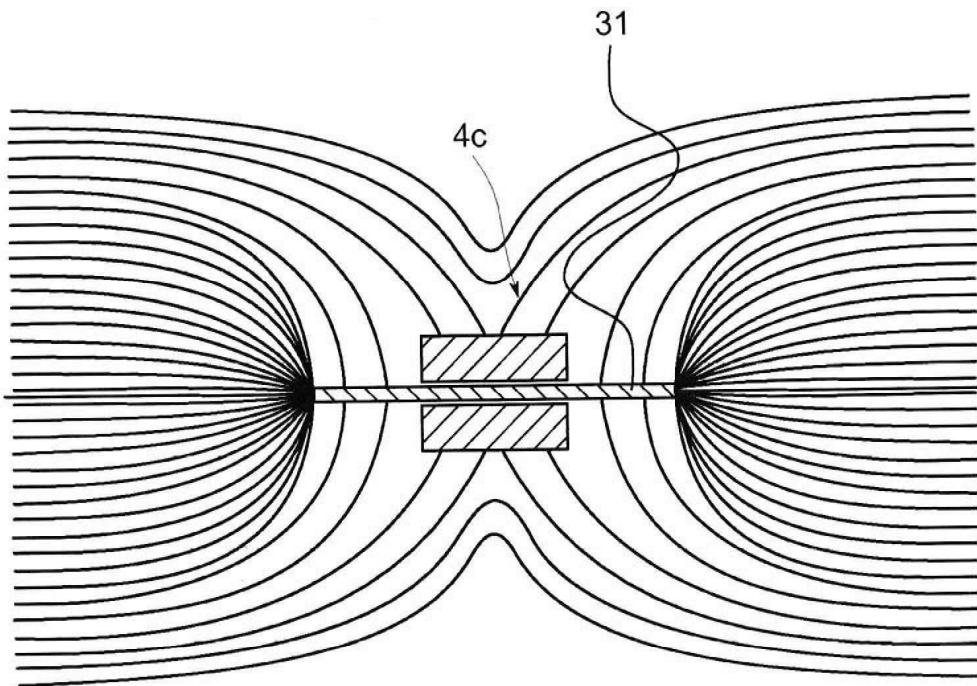


Fig. 6b

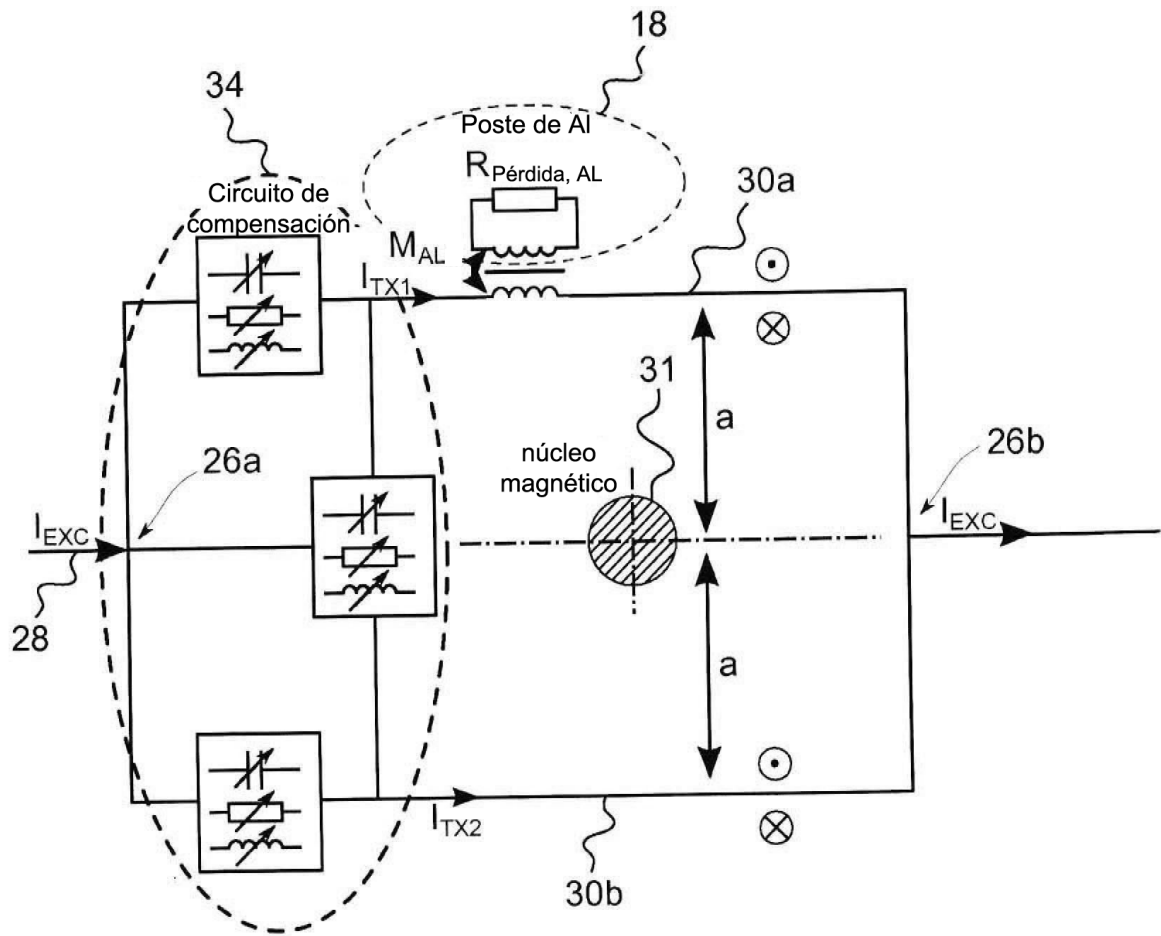


Fig. 7

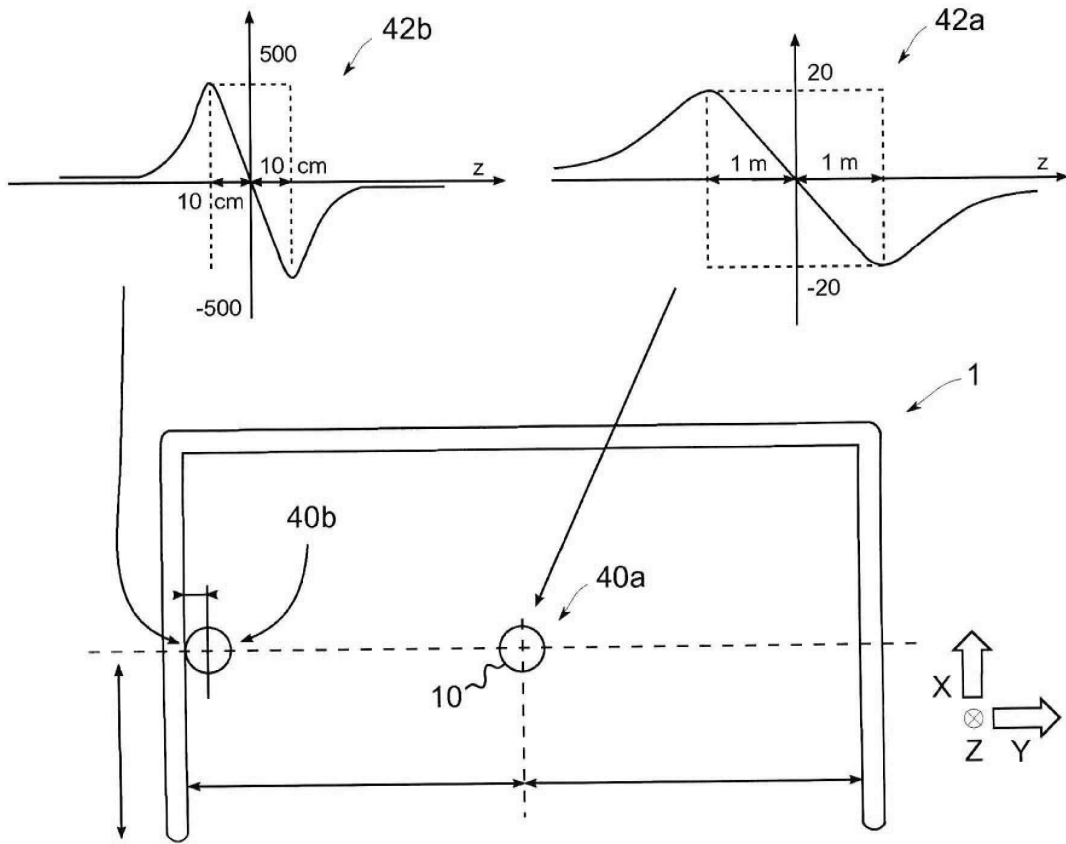


Fig. 8

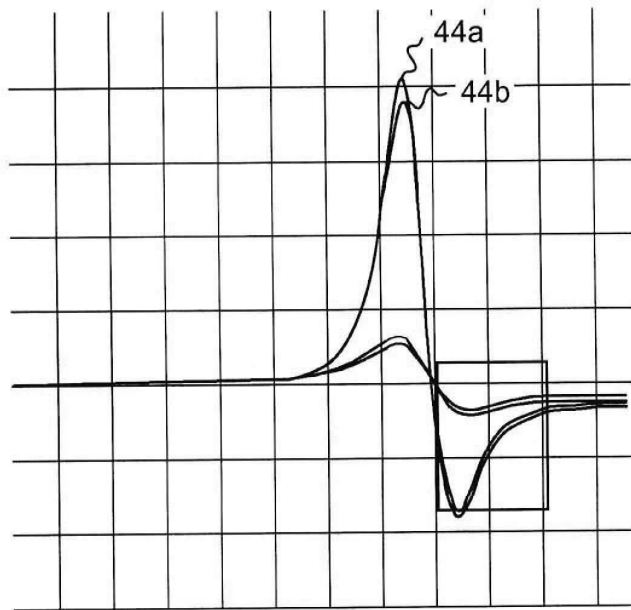


Fig. 9

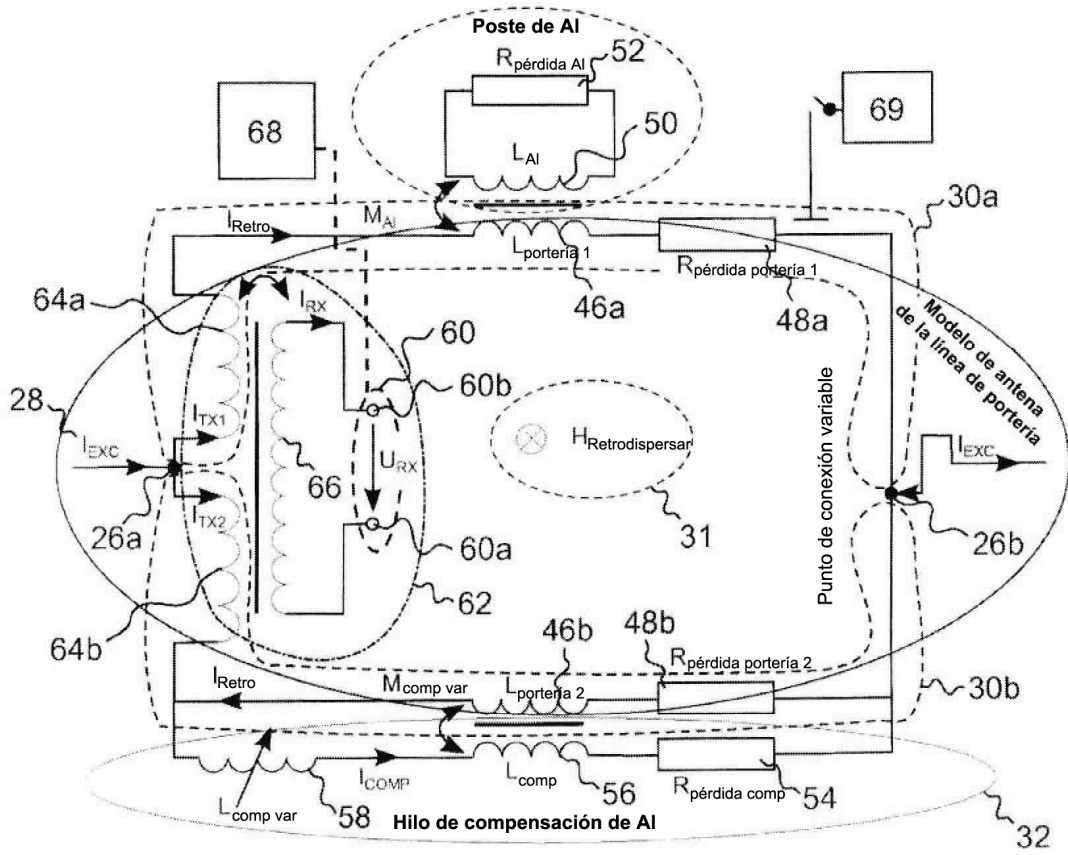


Fig. 10

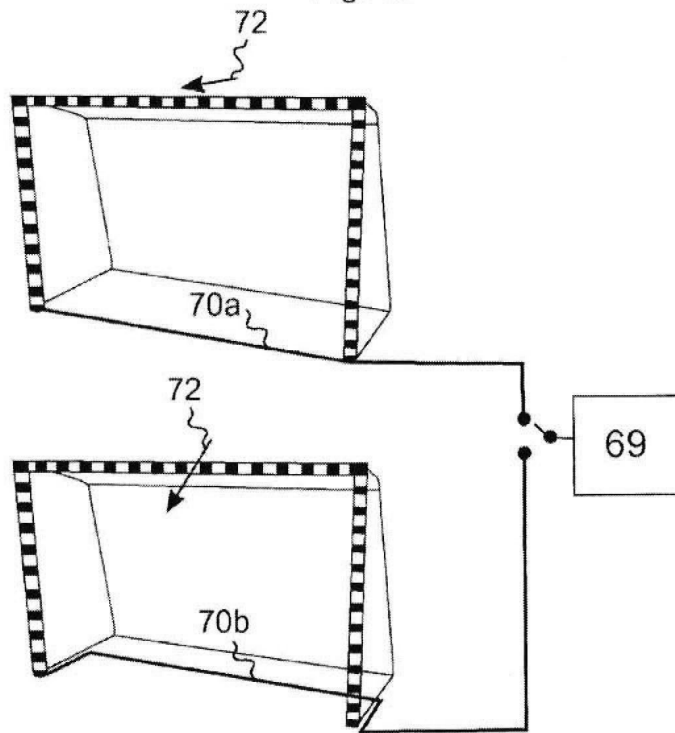


Fig. 11

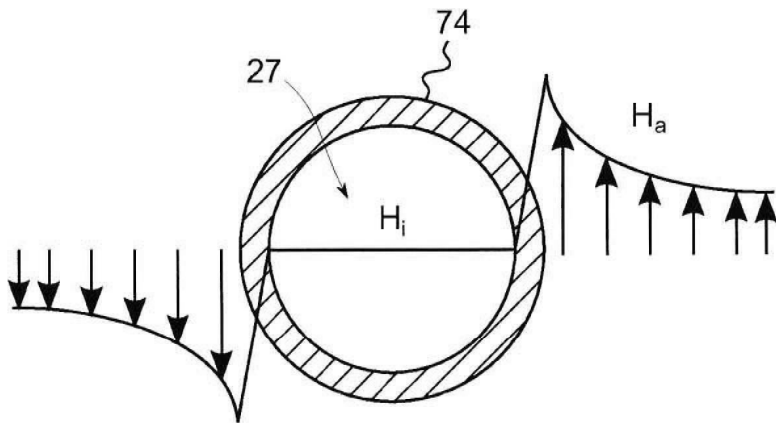


Fig. 12a

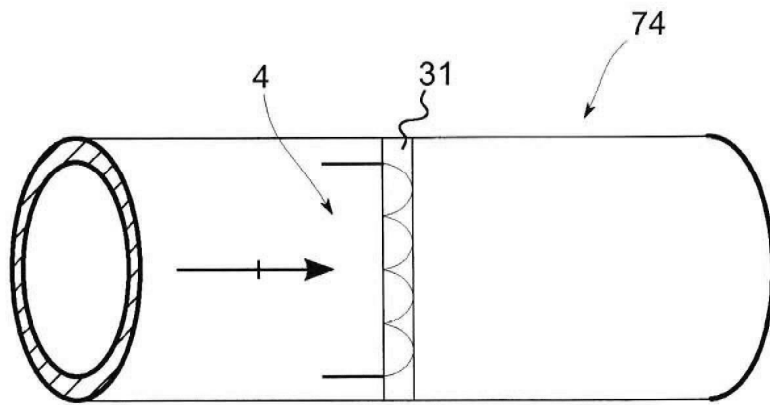


Fig. 12b

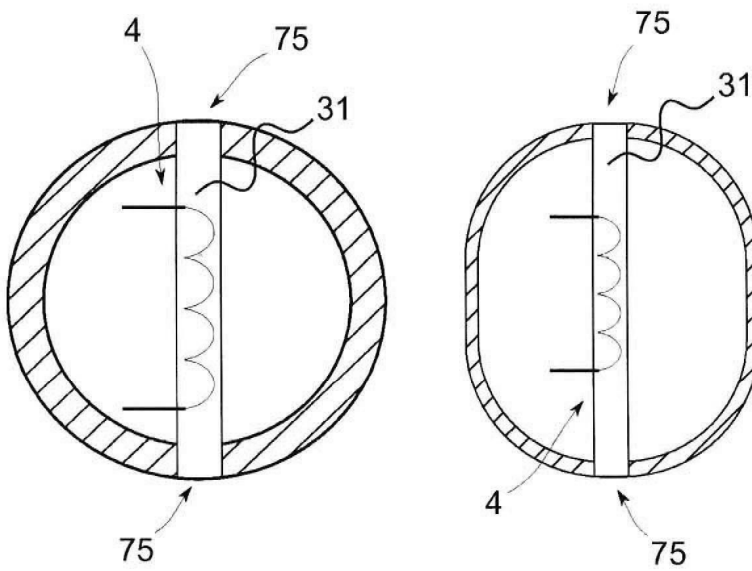


Fig. 12c

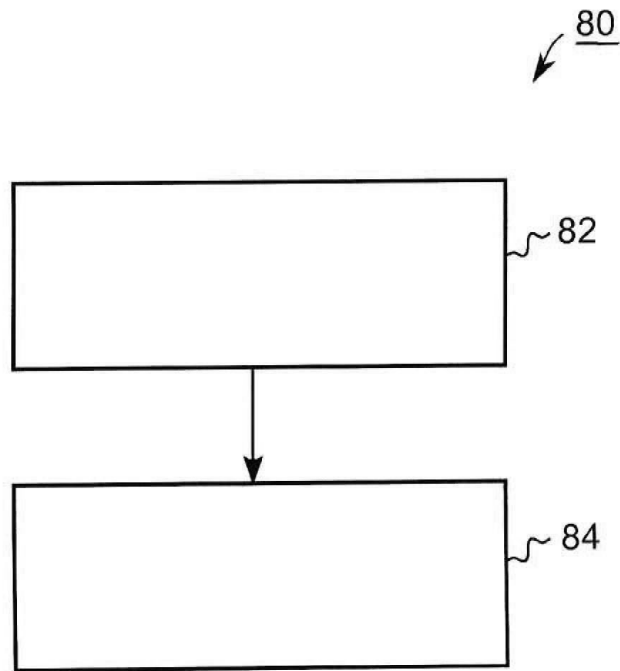


Fig. 13

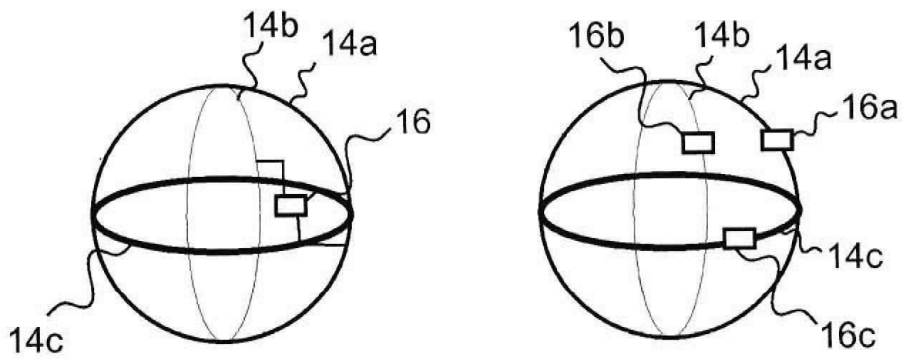


Fig. 14