

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 989**

51 Int. Cl.:
A63B 71/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06020009 .4**
96 Fecha de presentación: **25.09.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1852155**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.11.2007**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la determinación de la posición de un objeto móvil por medio de campos magnéticos**

30 Prioridad:
02.05.2006 EP 06009069

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.04.2012

73 Titular/es:
**CAIROS TECHNOLOGIES AG
IM STOECKMAEDLE 18
76307 KARLSBAD, DE**

72 Inventor/es:
Englert, Walter

74 Agente/Representante:
Miltenyi, Peter

ES 2 377 989 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 y procedimiento para la determinación de la posición de un objeto móvil por medio de campos magnéticos

La presente invención se refiere a un concepto para la determinación de la posición de un objeto móvil por medio de campos magnéticos, tal como puede usarse, por ejemplo, en el fútbol para la determinación de gol mediante localización del balón.

Multitud de tareas, tal como, por ejemplo, una localización del balón en un partido de fútbol, requieren conocer la posición y/u orientación de los objetos. En un partido de fútbol uno de los asuntos más controvertidos es, si en situaciones críticas el balón ha traspasado o no la línea de gol. Para ello es necesario poder medir la posición del balón en la línea de gol con una exactitud de aproximadamente $\pm 1,5$ cm. Además la influencia de personas, que se mueven cerca del balón o lo tapan, no debe desempeñar ningún papel.

Existen numerosos procedimientos de localización, que se basan, por ejemplo, en sensores ópticos 2D o 3D con un sistema de evaluación, una utilización del conocido principio de radar o del principio de localización por radio.

Un principio de la localización por radio es la localización de objetos por propagación de onda electromagnética. En este caso un receptor se integra en un objeto a localizar o se coloca en un objeto a localizar, que por petición envía datos a un dispositivo central de envío/recepción. La posición del objeto puede calcularse después a partir de los tiempos de propagación de señal o a partir de las diferencias entre al menos dos señales recibidas en antenas distintas.

La localización por radio de objetos puede llevarse a cabo, por ejemplo, por medio de la denominada tecnología RFID (RFID = Radio Frequency Identification, identificación por frecuencia de radio). Para procedimientos de resolución de ubicación, en los que debe determinarse una posición relativamente exacta de un transpondedor RFID en el espacio, la mayoría de las veces se emplean transpondedores RFID que funcionan con batería, es decir, activos. Una desventaja de la localización por radio consiste, por ejemplo, en una degradación y/o en una reflexión de las ondas electromagnéticas mediante obstáculos determinados. De este modo los sistemas que se basan en una localización por radio, por ejemplo, no consiguen la exactitud necesaria para la determinación de gol en el fútbol.

Como ya se describió, los procedimientos de localización actuales se basan, por ejemplo, en sensores ópticos 2D o 3D con un sistema de evaluación, o se basan en el uso de transpondedores RFID que funcionan con batería, es decir, activos. Tales procedimientos de localización conllevan altos costes de inversión y mantenimiento, sensibilidad frente a las condiciones medioambientales y un gran esfuerzo para adaptar los algoritmos de evaluación. Para una localización de área cercana, es decir, de una determinación de posición de objetos dentro de un área pequeña, los sistemas, que usan una localización por radio, no son adecuados, ya que para una dimensión geométrica pequeña las diferencias de tiempos de propagación de señal distintos apenas pueden medirse. Estos procedimientos por tanto, no cumplen los requisitos, o sólo de modo insuficiente, con respecto a sistemas para la localización de objetos en relación a la eficiencia económica, robustez, duración de ciclo e independencia del objeto para una exacta determinación de posición, por ejemplo, en un área de pocos centímetros.

El documento US-B1-6 686 881, del 3 de febrero de 2004 se refiere a un sistema y procedimiento para la identificación y seguimiento inalámbrico de un objeto por medio de campos magnéticos. En éste una o varias estaciones base detectan el campo magnético enviado y lo transmiten en forma de valores de medición de campo magnético a las estaciones base, mediante lo que puede determinarse la distancia entre el objeto y la/s estación/estaciones base.

El documento US2003/163037 A1 del 28 de agosto de 2001 se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la determinación de la posición de un sensor por medio de campos magnéticos, que se miden con el sensor.

El documento DE 27 32 543 A1 del 1 de febrero de 1979 se refiere a un dispositivo y un procedimiento para la supervisión de una línea límite. En este caso, a lo largo de una línea límite se prevén al menos dos medios de emisores que irradian ondas electromagnéticas, y que crean un campo magnético, que puede recibirse mediante un medio receptor previsto a lo largo de la línea límite. Puesto que la polaridad de las ondas electromagnéticas en relación con el medio receptor es en sentido contrario, el medio receptor sólo detecta un campo magnético, cuando un objeto con un medio para influir en los campos electromagnéticos perturba los campos magnéticos generados.

El objetivo de la presente invención consiste por tanto en prever un dispositivo, un sistema y un procedimiento para la localización mejorada de objetos móviles.

Este objetivo se resuelve mediante los objetos de las reivindicaciones independientes.

Se definen formas de realización preferidas de la invención mediante las reivindicaciones dependientes.

El conocimiento de la presente invención consiste en poder determinar una posición, dirección y/o movimiento de un objeto móvil, midiendo una intensidad y/u orientación de un campo magnético estático en la ubicación del objeto. Un sistema para la determinación de la posición de un objeto móvil según un ejemplo de realización de la presente

invencción comprende esencialmente generadores de campo magnético colocados de forma estacionaria y un sensor de campo magnético con libertad de movimiento. Un generador de campo magnético genera un campo magnético estático o alterno. Su intensidad y dirección son características para un punto espacial. Este campo se mide con el sensor de campo magnético y la medición puede interpretarse como situación y orientación del sensor respecto de la posición del generador de campo magnético. Además las señales del sensor de campo magnético se transfieren a un ordenador, que por ejemplo, por medio de una calibración conocida las identifica con el punto espacial. Por tanto, a través de la intensidad y la dirección medidas del campo magnético del generador de campo magnético puede medirse indirectamente la posición relativa del sensor de campo magnético, es decir, del objeto móvil. El generador de campo magnético está configurado de tal manera que puede medirse un campo también a una gran distancia relativa.

Además en primer lugar según un ejemplo de realización de la presente invencción en una primera etapa en la ubicación del objeto móvil se miden intensidad y dirección del campo magnético terrestre en relación al objeto móvil por medio de un sensor de campo magnético tridimensional. A continuación se genera en una segunda etapa por medio de una primera bobina un campo magnético estático. Según la invencción ahora en la ubicación del objeto móvil se mide intensidad y dirección de la combinación del campo magnético estático generado por la primera bobina con el campo magnético terrestre. La medición se lleva a cabo en este caso en un periodo de tiempo, en el que el campo magnético generado por la primera bobina es constante o estático. Ahora, en una tercera etapa, por ejemplo, se invierte la polaridad de la corriente en la primera bobina y posteriormente se mide de nuevo la combinación del campo magnético estático generado por la primera bobina con el campo magnético terrestre en la ubicación del objeto. Una combinación de las mediciones de las etapas segunda y tercera permite calcular un efecto del campo magnético terrestre y por tanto determinar una intensidad y dirección del campo magnético generado por la primera bobina. Esta intensidad y dirección es característica para un punto espacial dentro del alcance del campo magnético generado por la primera bobina, es decir, en un área de determinación de ubicación. A los valores de medición pueden asociarse por tanto posición y orientación del objeto móvil con respecto a la posición de las bobinas.

Las mediciones descritas anteriormente pueden llevarse a cabo ahora según la invencción para al menos dos bobinas, que están dispuestas en posiciones diferentes respecto del área de determinación de ubicación, para poder determinar una posición del objeto móvil, que se encuentra dentro del alcance de los campos magnéticos estáticos generados por las bobinas, después de haber transmitido los datos de medición desde el objeto móvil a un dispositivo de evaluación central.

El dispositivo de evaluación central puede determinar una posición instantánea, una rotación y una velocidad del objeto móvil.

La asociación de los valores de medición transmitidos por el objeto móvil a la posición del objeto móvil se obtiene ahora en un primer aspecto de la presente invencción porque en el dispositivo de evaluación central se resuelve un sistema de ecuaciones para determinar la posición del objeto móvil, en el que se usan los valores de medición.

Una ventaja de este aspecto de la presente invencción consiste en que no es necesario realizar de antemano, por ejemplo, ninguna calibración del sistema para la localización del objeto móvil.

En otro aspecto de la presente invencción la determinación de la posición del objeto móvil se realiza al comparar las intensidades y orientaciones de campo medidas en la ubicación del objeto móvil en el dispositivo de evaluación central con intensidades de campo y direcciones de campo determinadas de antemano en el área de localización o área de determinación de ubicación. Un conjunto de datos, que alcanza la mejor correlación o correspondencia, señala finalmente la ubicación del objeto móvil.

Una ventaja de este aspecto de la presente invencción consiste en que mediante una calibración previa pueden tenerse en cuenta influencias perturbadoras no esperadas sobre el campo magnético generado en cada caso por las bobinas. De este modo puede tener lugar una determinación de posición del objeto móvil de manera muy precisa y fiable.

Otro conocimiento de la presente invencción consiste en que puede aumentarse una exactitud de un sistema para la determinación de la posición de un objeto móvil, combinando mediciones de intensidades de campo magnéticas con mediciones de en cada caso direcciones u orientaciones de campo respectivas.

Un número de las bobinas empleadas en el sistema para la generación de campos magnéticos estáticos determina en cuántas dimensiones puede determinarse una posición, dirección y/o movimiento del objeto móvil. En general un mayor número de bobinas permite una determinación más exacta de la posición del objeto móvil.

Así con el concepto según la invencción existe la posibilidad de una determinación de la posición del objeto móvil, de una determinación de una orientación del objeto móvil y la posibilidad de una determinación de un movimiento del objeto móvil basándose en una asociación de una intensidad de campo magnética a una distancia del objeto móvil de una bobina que genera el campo magnético estático. Por tanto los ejemplos de realización de la presente invencción tienen la ventaja de que puede realizarse una determinación de posición de un objeto móvil o de un balón,

por ejemplo, sin intervenir en el funcionamiento del juego de un juego de pelota.

Además, el concepto según la invención para la determinación de la posición de un objeto móvil es, por ejemplo, tolerante frente a personas, es decir, la influencia de las personas, que se mueven cerca del objeto móvil o tapan el objeto móvil, no desempeña ningún papel.

- 5 A continuación se explican en detalle ejemplos de realización preferidos de la presente invención en relación a los dibujos adjuntos. Muestran:
- la figura 1 un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo para controlar al menos dos bobinas según un ejemplo de realización de la presente invención;
 - 10 la figura 2a una representación esquemática de líneas de campo magnéticas alrededor de una bobina cilíndrica a través de la que pasa corriente para ilustrar el concepto según la invención;
 - la figura 2b una representación esquemática de la evolución de una intensidad de campo magnética en un área cercana aplicada alrededor de una bobina cilíndrica por una distancia respecto de la bobina cilíndrica;
 - 15 la figura 3 una representación esquemática de una portería de fútbol con en cada caso una bobina en un primer poste, en un segundo poste y en el larguero, estando acopladas las bobinas con un dispositivo para controlar las bobinas, según un ejemplo de realización de la presente invención;
 - la figura 4 un diagrama de flujo para la visualización de un procedimiento para la determinación de una posición de un objeto móvil según un ejemplo de realización de la presente invención;
 - 20 la figura 5 una representación esquemática de una portería de fútbol con una primera bobina arrollada alrededor de la superficie limitada por los postes de la portería y el larguero de la portería y con una segunda bobina arrollada alrededor de la superficie limitada por los postes de suspensión de red y el larguero de suspensión de red, estando acopladas las bobinas con un dispositivo para controlar las bobinas, según un ejemplo de realización de la presente invención;
 - 25 la figura 6 una representación esquemática de una distribución de intensidad de campo magnética en el interior de una bobina rectangular según la figura 5;
 - la figura 7 una representación esquemática de una vista en planta de una portería de fútbol detrás de la que se encuentran dos bobinas, según un ejemplo de realización de la presente invención;
 - 30 la figura 8 una representación esquemática de un objeto móvil para una localización del objeto móvil en un área de determinación de ubicación según un ejemplo de realización de la presente invención;
 - la figura 9 un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo para determinar información sobre una posición de un objeto móvil en un área de determinación de ubicación, según un ejemplo de realización de la presente invención; y
 - 35 la figura 10 un sistema para la determinación de la posición de un balón de fútbol por medio de campos magnéticos para la determinación de gol en un partido de fútbol, según un ejemplo de realización de la presente invención.

40 Con respecto a la siguiente descripción debería tenerse en cuenta que en los diferentes ejemplos de realización los elementos funcionales iguales o que actúan igual presentan iguales números de referencia y por tanto las descripciones de estos elementos funcionales en los distintos ejemplos de realización representados a continuación pueden intercambiarse entre sí.

A partir de ahora el término "señal" se empleará indistintamente para corrientes o tensiones, a no ser que se indique explícitamente otra cosa.

45 La figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo 100 para controlar al menos dos bobinas no mostradas, que están dispuestas en posiciones diferentes con respecto a un área de determinación de ubicación, para efectuar una indicación de posición de un objeto no mostrado en la figura 1, que se encuentra dentro del alcance de los campos magnéticos generados por las bobinas.

50 El dispositivo 100 presenta para ello un medio 110 y conexiones 120, de las que para mayor claridad solamente dos con están dotadas con los números de referencia 120a y 120b.

El medio 110 sirve para generar señales de activación de bobina para al menos dos bobinas con un procedimiento

de multiplexación, pudiendo acoplarse las bobinas con las conexiones 120a, b. En este caso la generación de las señales de activación de bobina puede realizarse mediante el medio 110 según un ejemplo de realización de la presente invención de tal manera que en un primer periodo de tiempo T_1 sólo una de las al menos dos bobinas está activada y en un segundo periodo de tiempo T_2 solamente otra de las al menos dos bobinas está activada, esto es según un procedimiento de multiplexación en el tiempo. Además el medio 110 está configurado según un ejemplo de realización de la presente invención, para generar las señales de activación de bobina separadas en el tiempo de tal manera que un campo magnético generado mediante una bobina controlada y acoplada con las conexiones 120a,b para un periodo de tiempo predeterminado es constante o estático.

Según otro ejemplo de realización de la presente invención la generación de las señales de activación de bobina puede realizarse mediante el medio 110 de tal modo que con un procedimiento de multiplexación en frecuencia se generan campos alternos magnéticos con las al menos dos bobinas, de modo que un campo alterno magnético de una de las al menos dos bobinas presenta una frecuencia distinta a la de un campo alterno magnético de otra de las al menos dos bobinas.

Según un ejemplo de realización de la presente invención la señal de activación de bobina es, por ejemplo, una corriente de bobinas I. Para poder generar con las bobinas acopladas a las conexiones 120a,b campos magnéticos estáticos de polaridad u orientación diferente, el medio 110 está configurado además para generar del mismo modo las señales de activación de bobina o las corrientes de bobina con polaridad u orientación diferente.

Para poder variar el alcance de los campos magnéticos generados con las bobinas acopladas a las conexiones 120a,b, el medio 110 está configurado además según un ejemplo de realización de la presente invención para generar las señales de activación de bobina con una intensidad diferente, es decir, por ejemplo, corrientes de bobina de diferente intensidad.

Para ilustrar más detalladamente el concepto según la invención para la determinación de la posición de un objeto móvil por medio de campos magnéticos, la figura 2a muestra una representación esquemática de líneas de campo magnéticas alrededor de una bobina 200 cilíndrica atravesada por una corriente I.

Se conoce que a cada movimiento de carga (electrones en conductores o en vacío), es decir, a un flujo de corriente está asociado un campo magnético. La magnitud de campo asociada al origen del campo magnético es la intensidad de campo magnética H, independientemente de las propiedades materiales del espacio. Para la generación de un campo magnético estático pueden servir, por ejemplo, bobinas cilíndricas cortas o bucles conductores como antenas magnéticas. Generalmente la intensidad de campo magnética H disminuye a medida que aumenta la distancia a un conductor por el que fluye una corriente o a la bobina 200 cilíndrica por la que fluye una corriente. Si por ejemplo se aleja un punto de medición del centro de la bobina 200 en la dirección del eje de bobina (eje x), la intensidad de campo H del campo magnético disminuirá de forma continua con la distancia x. Esta relación está representada a modo de ejemplo en la figura 2b.

La figura 2b muestra en representación logarítmica esquemáticamente una evolución de la intensidad de campo magnética H en un área cercana de la bobina 200 cilíndrica por la que fluye una corriente a medida que aumenta la distancia en la dirección x, es decir, en la dirección del eje longitudinal de bobina. En este caso la curva caracteriza a modo de ejemplo con el número de referencia 210 una evolución de intensidad de campo para un radio R relativamente grande de las espiras de la bobina 200. La curva con el número de referencia 220 caracteriza correspondientemente una evolución de la intensidad de campo magnética H para un radio R de espira medio. Por consiguiente la curva con número de referencia 230 significa una evolución de intensidad de campo esquemática para un radio R de espira pequeño de la bobina 200.

En el espacio libre el decrecimiento de intensidad de campo en el denominado campo cercano de la bobina asciende inicialmente hasta aproximadamente 60 dB por decena, para después nivelarse hasta 20 dB por decena en el campo lejano para una onda electromagnética que se forma. En una observación más exacta se reconoce que la intensidad de campo H discurre dependiendo del radio (o la superficie) de la bobina 200 hasta una determinada distancia x de forma casi constante, después sin embargo disminuye. Las curvas de intensidad de campo magnéticas representadas en la figura 2b se refieren a un área cercana de la bobina 200 cilíndrica, es decir, un área alrededor de la bobina 200 cilíndrica de pocos metros. Por tanto es posible asociar a cada intensidad de campo magnética H una distancia x de la bobina 200 cilíndrica. Por ejemplo, se obtiene de modo conocido para una evolución de intensidad de campo a lo largo del eje longitudinal de la bobina x de una bobina redonda atravesada por una corriente I la siguiente relación:

$$H = \frac{I \cdot N \cdot R^2}{2 \cdot \sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \quad (1)$$

siendo N el número de espiras de la bobina, R el radio de espira y x la distancia al centro de la bobina en la dirección

x. Como condición límite para la validez de la relación (1) se aplica $h \ll R$, es decir, la altura de una bobina h debe ser mucho menor que el radio de bobina, y $x < \lambda/2\pi$ ($\lambda =$ longitud de onda), comenzando en una distancia $x > 2\pi$ una transición en el campo lejano electromagnético de la bobina 200.

5 La ecuación arriba mencionada (1) sirve únicamente para la visualización de la dependencia de la intensidad de campo magnética de la distancia a una antena o bobina magnética. Del mismo modo pueden plantearse ecuaciones, que describen una evolución de intensidad de campo alrededor de una bobina en el espacio tridimensional. Además de un valor de la intensidad de campo magnética H existe también una alineación u orientación de un vector de campo magnético \vec{H} . Si se miden las tres componentes (H_x, H_y, H_z) del vector de campo magnético \vec{H} en la ubicación del objeto móvil, según un ejemplo de realización de la presente invención con un sistema de ecuaciones pueden determinarse las coordenadas espaciales (x, y, z) de la ubicación, en la que se haya medido el vector de campo magnético \vec{H} . Para poder eliminar ambigüedades, se necesitan en general valores de medición del vector de campo magnético \vec{H} de varias bobinas.

15 Según otro ejemplo de realización de la presente invención es posible medir el campo magnético generado por la bobina 200 tridimensionalmente con una exactitud deseada en un área de determinación de ubicación alrededor de la bobina 200 y asociar los valores de medición o las componentes (H_x, H_y, H_z) del vector de campo \vec{H} para cada punto espacial relevante, por ejemplo, en una denominada tabla de consulta a las respectivas coordenadas espaciales (x, y, z) de los puntos espaciales y guardarlos. Del mismo modo desde luego es concebible, que las intensidades de campo y direcciones de campo se calculen según otro ejemplo de realización de la presente invención en un área de interés alrededor de la bobina por medio de fórmulas matemáticas, para asociarlas a continuación en una tabla de consulta a las correspondientes coordenadas (x, y, z). Si a continuación se mide una intensidad de campo y la correspondiente dirección de campo en una ubicación cualquiera del área de determinación de ubicación alrededor de la bobina, los valores de medición pueden compararse acto seguido con los valores medidos o calculados y almacenados de antemano de la tabla de consulta. El conjunto de datos, que tenga los mejores aciertos, señala finalmente la ubicación de la medición.

25 Si rota el objeto móvil o un sensor de campo magnético tridimensional integrado en el objeto móvil, en general no es posible asociar las componentes (H_x, H_y, H_z) medidas por el sensor de campo magnético de un campo magnético a un punto espacial en el área de determinación de ubicación de un modo inequívoco. En este caso sin embargo según un ejemplo de realización de la presente invención la magnitud del vector de campo magnético medido $H = (H_x^2 + H_y^2 + H_z^2)^{1/2}$ puede proporcionar información sobre la posición del objeto móvil en el área de determinación de ubicación. En caso de utilizar sólo una bobina o sólo un campo magnético se tiene como resultado respecto a la posición ambigüedades, puesto que existen curvas o superficies alrededor de las bobinas, en las que la magnitud del vector de campo magnético medido H en cada caso es el mismo. Si por el contrario se emplean al menos dos bobinas, que están dispuestas en posiciones diferentes respecto del área de determinación de ubicación, estas ambigüedades pueden reducirse o excluirse por completo.

35 Este principio se aprovecha ahora según ejemplos de realización de la presente invención para, por ejemplo, poder determinar una posición de un objeto móvil por medio de campos magnéticos. Como ya se mencionó al principio, por ejemplo, en un partido de fútbol uno de los temas más controvertidos es, si en situaciones críticas el balón ha traspasado o no la línea de gol. Por ello es necesario, que la posición del balón pueda medirse en la línea de gol con una exactitud de aproximadamente $\pm 1,5$ cm. Una disposición, que permita una determinación de posición de un balón de fútbol por medio de campos magnéticos, se muestra esquemáticamente en la figura 3.

La figura 3 muestra un dispositivo 100 para controlar tres bobinas 200a-c, que están dispuestas en cada caso en los dos postes de la portería 300a,b y en un larguero 300c de una portería de fútbol 300. La portería de fútbol 300 se encuentra sobre una línea de gol 310. En un área delante de la portería de fútbol 300 se encuentra un objeto móvil 320, cuya posición debe determinarse.

45 Para poder determinar la posición del objeto móvil o del balón 320, es necesario medir intensidades de campo de varios campos magnéticos. En el ejemplo mostrado a modo de ejemplo en la figura 3 pueden generarse con las bobinas 200a-c y el dispositivo 100 para controlar las tres bobinas distintos campos magnéticos. En este caso las tres bobinas se controlan secuencialmente con el dispositivo 100 según un ejemplo de realización de la presente invención, es decir, en un primer periodo de tiempo T_1 sólo una de las tres bobinas 200a-c está activa, en un segundo periodo de tiempo T_2 está activa una segunda de las tres bobinas 200a-c y en un tercer periodo de tiempo T_3 está activa la tercera de las tres bobinas 200a-c. Por consiguiente, por ejemplo, por medio de un sensor de campo magnético tridimensional colocado en el balón 320 de fútbol (no mostrado en la figura 3) pueden medirse las intensidades de campo pertenecientes en cada caso a los campos de bobinas (magnitudes de los vectores de campo magnético) y sus direcciones en la ubicación del balón 320 y emplearse a continuación para poder llevar a cabo por medio de un sistema de ecuaciones una determinación de ubicación para el balón 320 de fútbol. Para poder determinar correctamente la posición del balón 320, los campos magnéticos generados por las bobinas 200a-c durante las mediciones en cada caso deberían ser estáticos. Según un ejemplo de realización de la presente invención se tiene en cuenta además una superposición del campo magnético terrestre.

El campo magnético terrestre es el campo magnético que rodea la Tierra. Se genera por la denominada geodinamo. Por encima de la superficie terrestre el campo tiene una forma similar a la de un dipolo magnético. Las líneas de campo magnéticas surgen esencialmente del hemisferio sur desde el núcleo y entran de nuevo por el hemisferio norte en el núcleo. El campo magnético terrestre es estático en su mayor parte. Está orientado en muchas partes de la superficie terrestre aproximadamente en la dirección norte-sur geográfica, por lo cual la flecha de una brújula en estas zonas apunta más o menos hacia el norte. La intensidad del campo magnético terrestre con aproximadamente 20 - 30 microteslas en la superficie terrestre es relativamente pequeña. El campo magnético terrestre no es paralelo a la superficie terrestre, sino que entra con un ángulo de inclinación en la superficie.

Un ciclo de medición según un ejemplo de realización de la presente invención para la determinación de la posición del balón 320 se muestra a modo de ejemplo en la figura 4. La figura 4 muestra a tal efecto un diagrama de flujo del ciclo de medición con las etapas S1 a S6.

En una primera etapa S1 del ciclo de medición ninguna de las bobinas 200a-c tiene corriente. En esta etapa S1 un sensor de campo magnético en el balón 320 mide la intensidad y la dirección del campo magnético terrestre con relación al balón 320. En una segunda etapa S2 se alimenta una primera de las tres bobinas 200a-c, por ejemplo, la bobina 200a. El sensor de campo magnético en el balón 320 mide ahora en la etapa S3 la intensidad y la dirección de la combinación del campo magnético generado por la bobina 200a con el campo magnético terrestre. La medición se lleva a cabo en el momento en el que el campo magnético de la bobina es constante o estático. Durante el establecimiento y la supresión del campo magnético de la bobina 200a no se llevan a cabo mediciones. Después de que la medición de la etapa S3 haya terminado, se invierte en una etapa S4 la corriente en la bobina y la medición se repite, es decir, el sensor de campo magnético en el balón 320 mide en la etapa S5 la intensidad y la dirección de la combinación del campo magnético con polaridad invertida, generado por la bobina 200a, con el campo magnético terrestre. Una combinación de ambas mediciones de las etapas S3 y S5 permite calcular un efecto del campo magnético terrestre. Tras la etapa S5 finaliza el ciclo de medición para la primera bobina 200a y las etapas S1 - S5 se repiten para una siguiente de las restantes bobinas 200b,c, etc. Entre las mediciones de los campos de bobina siempre se mide por tanto el campo magnético terrestre. Si las etapas S1 a S5 se llevan a cabo para todas las bobinas, puede determinarse en una etapa S6 a partir de los resultados de las mediciones de las etapas S1 a S5 la posición del balón 320. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante la resolución de un sistema de ecuaciones, o mediante la correlación de los resultados de la medición con datos de calibración guardados.

Un balón de fútbol puede alcanzar en determinadas situaciones en un partido de fútbol velocidades de hasta 140 km/h, es decir, aproximadamente 40 m/s. Si se requiere una exactitud de medición de aproximadamente +/- 1,5 cm, entonces preferiblemente debería llevarse a cabo todo el ciclo de medición incluyendo todas las bobinas 200a-c en un periodo de tiempo de aproximadamente 375 μ s. Cuando se reparte este periodo de tiempo entre las distintas bobinas empleadas, se tiene como resultado, por ejemplo, para un sistema de tres bobinas, tal como muestra la figura 3, por medición y bobina aproximadamente 125 μ s, disponibles para la medición. La corriente I a través de una bobina tras la conexión en función del tiempo t se comporta de manera conocida según

$$I(t) = I_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau}), \quad (2)$$

siendo τ una constante temporal según $\tau=L/R_{Sp}$. En este caso R_{Sp} es, por ejemplo, la resistencia del conductor de la bobina y L la inductividad de la bobina. Una inversión de la polaridad de la corriente a través de una bobina en un periodo corto puede garantizarse por lo tanto, por ejemplo, mediante una tensión de alimentación de la bobina seleccionada correspondientemente alta, mediante una inductividad L baja, o mediante una resistencia del conductor R_{Sp} baja.

Después de describir anteriormente por medio de la figura 3 ejemplos de realización de la presente invención, en los que se encuentran bobinas individuales en cada caso en los postes de la portería 300a,b y en el larguero 300c de una portería 300, se describen ahora a continuación por medio de la figura 5 ejemplos de realización de la presente invención, en los que toda la portería 300 es parte de una bobina o de una bobina de Helmholtz.

Para ello la figura 5 muestra una portería de fútbol 300, que comprende un primer poste 300a, un segundo poste 300b y un larguero 300c. Además la portería de fútbol 300 presenta un elemento de suspensión de red con un primer poste 300d, un segundo poste 300e y un larguero 300f. La portería de fútbol 300 se encuentra con sus postes 300a, 300b sobre una línea de gol 310. Los postes de la portería 300a,b, el larguero 300c y la línea de gol 310 forman un marco de una bobina rectangular 200a, que según un ejemplo de realización de la presente invención está arrollado en los postes de la portería 300a, b, en el larguero 300c y por debajo de la línea de gol 310 alrededor de la superficie abierta de la portería. Del mismo modo está arrollada una bobina 200b al menos aproximadamente idéntica a la bobina 200a dentro de los postes de suspensión de red 300d,e, del larguero de suspensión de red 300f y bajo la superficie terrestre. Las dos bobinas 200a,b forman, por tanto, según un ejemplo de realización de la presente invención un par de bobina similar a un par de bobina de Helmholtz. Además la figura 5 muestra en un área delante de la portería de fútbol 300 un objeto móvil o balón 320, cuya posición debe determinarse. Además la figura 5 muestra un dispositivo 100 para controlar las dos bobinas 200a,b.

Como ya se describió por medio de la figura 1, las dos bobinas 200a,b pueden controlarse en un procedimiento de multiplexación. En este caso puede tratarse según un ejemplo de realización de la presente invención de un procedimiento de multiplexación en el tiempo, por tanto de un control secuencial temporal de las dos bobinas 200a,b, tal como ya se describió por medio del diagrama de flujo mostrado en la figura 4.

- 5 Como ya se describió anteriormente, debido a una rotación del balón 320 es necesario medir intensidades de campo o magnitudes de varios campos magnéticos, para poder determinar la posición del balón 320.

El campo magnético de una bobina rectangular, tal como se muestra en la figura 5, no es en general homogéneo en el interior de la bobina, tal como se ilustra en la figura 6.

- 10 La figura 6 muestra una vista en planta de la superficie abierta de portería o bobina de la bobina 200a. Las líneas caracterizadas con el número de referencia 600 señalan esquemáticamente una distribución de intensidad de campo en el interior de la bobina rectangular 200a. Así una distancia pequeña de las segundas líneas 600 contiguas indica una intensidad de campo del campo magnético comparativamente alta en la posición correspondiente, mientras que una mayor distancia de dos líneas 600 indica una magnitud de la intensidad de campo magnética comparativamente pequeña en el interior de la bobina 200a. Por la figura 6 puede reconocerse que en particular en las zonas de esquina de la bobina 200a predominan mayores intensidades de campo magnéticas que en el medio de la bobina 200a. Esta situación puede mostrarse, por ejemplo, también analíticamente con la ley de Biot-Savart. En general puede calcularse una magnitud $d\vec{H}$ de una unidad infinitesimal de un conductor $d\vec{l}$ atravesado por una corriente I para el campo magnético \vec{H} en un punto P según

$$d\vec{H}(\vec{r}) = \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3} . \quad (3)$$

- 20 En este caso \vec{r} representa un vector de unión de la unidad de conductor para el punto P, en el que debe calcularse el campo magnético. Para un conductor cualquiera (no necesariamente cerrado) se obtiene el campo magnético H como la integral por el conductor según

$$\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \int \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} . \quad (4)$$

- 25 Mediante la distribución no homogénea del campo magnético mostrada en la figura 6 aparecen en el interior de la bobina 200a ambigüedades respecto a la posición del balón 320. Si sólo se recurriera a la primera bobina 200a para la determinación de la posición del balón 320, no podría diferenciarse, por ejemplo, por medio de una magnitud de campo magnético medida, si el balón se encuentra cerca de una esquina de la bobina 200a o de la portería 300 justo delante o detrás de la línea de gol, o se encuentra, por ejemplo, en el medio de la bobina 200a o de la portería 300 a la altura de la línea de gol 310. Existe un punto cerca de la zona de esquina de la bobina 200a delante de la línea de gol, en el que la magnitud de la intensidad del campo magnético es al menos aproximadamente tan grande como en un punto en el medio de la bobina 200a a la altura de la línea de gol 310 o en el plano definido a través de la línea de gol 310 y la portería de fútbol 300.

- 30 Para poder eliminar precisamente estas ambigüedades, resulta ventajosa la segunda bobina 200b detrás de la portería de fútbol 300 en el elemento de suspensión de red. Mediante una medición aislada del campo magnético generado por la segunda bobina 200b en un segundo periodo de tiempo en la ubicación del balón o del objeto móvil 320, puede obtenerse información suficiente, como para poder determinar en combinación con la medición aislada del campo magnético generado por la primera bobina 200a en un primer periodo de tiempo una posición precisa del balón 320.

- 40 En el ejemplo de realización mostrado en la figura 6 sólo es de interés si el balón se encuentra delante o detrás de la línea de gol 310. En qué punto el balón 320 en la portería 300 ha traspasado la línea de gol 310, por el contrario no es de interés. Mediante la consulta de los valores de medición de la segunda bobina 200b puede determinarse ahora si el balón 320 se encuentra cerca de una zona de esquina de la bobina 200a delante de la línea de gol 310, detrás de la línea de gol 310 o en medio de la bobina 200a o de la porterías 300 a la altura de la línea de gol 310.

Otro ejemplo de realización de la presente invención se muestra en la figura 7.

- 45 La figura 7 muestra una vista en planta de una portería de fútbol 300, que se encuentra sobre una línea de gol 310. Detrás de la línea de gol 310 se encuentra una primera bobina 200a y una segunda bobina 200b. Los ejes de bobina de las dos bobinas 200a,b apuntan en la mayoría de los casos aproximadamente en la dirección del campo de juego.

Además ha de suponerse, que las dos bobinas se controlan por un dispositivo no mostrado en la figura 7 para controlar las dos bobinas, tal como ya se describió anteriormente. En este caso las dos bobinas 200a,b pueden controlarse tanto en un procedimiento de multiplexación en el tiempo como en un procedimiento de multiplexación en frecuencia.

5 Un balón 320, que se encuentra en el área de determinación de las dos bobinas 200a,b, puede medir por medio de un sensor de campo magnético tridimensional según la invención vectores de campo magnético del campo magnético generado por la primera bobina 200a y del campo magnético generado por la segunda bobina 200b y, por ejemplo, transmitirlos a un dispositivo de evaluación central. La determinación de posición también puede realizarse en el ejemplo de realización de la presente invención mostrado en la figura 7 según el procedimiento descrito mediante la figura 4.

10 Una ventaja del ejemplo de realización de la presente invención mostrado en la figura 7 consiste en que mediante la disposición de las dos bobinas 200a,b puede decidirse claramente si el balón 320 se encuentra delante o detrás de la línea de gol 310.

15 En el caso del procedimiento de multiplexación puede tratarse, además del procedimiento de multiplexación en el tiempo ya descrito anteriormente, según otro ejemplo de realización de la presente invención también de un procedimiento de multiplexación en frecuencia, es decir, una generación diferente según la frecuencia de campos alternos magnéticos mediante el control correspondiente de las dos bobinas 200a,b. Así, en el caso del procedimiento de multiplexación en frecuencia las bobinas 200a,b pueden controlarse por el dispositivo 100 para el control de las bobinas con frecuencias diferentes f_1 y f_2 .

20 A continuación, mediante la figura 8, se explicará en detalle el modo de funcionamiento del balón o del objeto móvil 320.

25 La figura 8 muestra un objeto móvil 320 para una localización en un área de determinación de ubicación, en la que están dispuestas al menos dos bobinas (no mostradas), en diferentes posiciones respecto del área de determinación de ubicación y que se controlan según una secuencia de control. El objeto móvil 320 presenta un sensor de campo magnético 800, que está acoplado con un medio de control 810. Además el medio de control 810 está conectado con un emisor 820.

30 El sensor de campo magnético 800 sirve para detectar un campo magnético, en el que se encuentra el objeto móvil 320. Por ejemplo, puede tratarse de un sensor de campo magnético tridimensional en el que, por ejemplo, ya esté integrada una digitalización de los valores de medición en un chip de sensor. El medio de control 810 sirve para controlar el sensor de campo magnético 800 y/o el emisor 820, de modo que, por ejemplo, según la secuencia de control los valores de medición de campo magnético de la figura 4 puedan enviarse a un ordenador central no mostrado en la figura 8. El emisor 820 puede posibilitar el envío de al menos un valor de medición y, por ejemplo, estar configurado como emisor de radio para, por ejemplo, en el caso de un partido de fútbol no tener que intervenir para la evaluación de datos en el funcionamiento del juego.

35 Según otro ejemplo de realización de la presente invención, el emisor 820 también puede presentar una interfaz de datos para, en una memoria no mostrada en la figura 8 del objeto móvil 320, poder leer por cable valores de medición almacenados.

40 Además, el objeto móvil 320 requiere un medio de suministro de energía para el suministro de energía del objeto móvil 320. Según un ejemplo de realización de la presente invención un suministro de energía puede garantizarse mediante una batería. Para garantizar una vida útil prolongada de un suministro de energía del balón 320, es posible además según un ejemplo de realización de la presente invención poder activarlo y desactivarlo. Esto debería realizarse preferiblemente en vista de que sean necesarias las menos intervenciones posibles en el funcionamiento del juego.

45 En caso de que el emisor 820 esté configurado como emisor de radio, entonces los valores de medición pueden transferirse por radio desde el objeto móvil o el balón 320, por ejemplo, a un ordenador central o un dispositivo para la determinación de información sobre la posición del objeto móvil 320, donde puede calcularse la posición instantánea, una rotación y una velocidad del balón 320 basándose en los valores de medición de campo magnético transmitidos. Para ello, la figura 9 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo para la determinación de información sobre la posición del objeto móvil 320 en un área de determinación de ubicación, en la que están dispuestas al menos dos bobinas en posiciones diferentes, que se controlan según una secuencia de control, para generar con un procedimiento de multiplexación en cada caso un campo magnético.

50 La figura 9 muestra un dispositivo 900 para la determinación de información sobre la posición del objeto móvil o del balón 320, presentando el dispositivo 900 un receptor 910, que está acoplado con un medio de evaluación 920.

55 Según un ejemplo de realización de la presente invención el receptor 910, por ejemplo, puede ser un receptor de radio. Debe indicarse que el receptor 910 también podría presentar una interfaz, para acoplarse con el objeto móvil 320, por ejemplo, por cable, para poder leer los valores de medición de los campos magnéticos.

- 5 En caso de utilizar el procedimiento de multiplexación en frecuencia ya descrito anteriormente, entonces según un ejemplo de realización de la presente invención el dispositivo 900 para la determinación de información sobre la posición del objeto móvil o del balón 320 comprende un medio de filtro, en particular un medio de filtro de paso banda para poder asociar los valores de medición de campo magnético transferidos desde el balón 320 en cada caso a las al menos dos bobinas 200a,b. En caso de que el filtro paso banda presente una banda de transmisión de frecuencia f_1 del campo alterno magnético de la primera bobina 200a, entonces así pueden extraerse mediante filtrado los valores de medición de campo magnético que pueden asociarse a la primera bobina 200a. Por consiguiente con un filtro paso banda con una banda de transmisión de frecuencia f_2 del campo alterno magnético de la segunda bobina 200b pueden extraerse mediante filtrado aquellos valores de medición de campo magnético, que pueden asociarse a la bobina 200b. En caso de que el dispositivo 900 para la determinación de información sobre la posición del objeto móvil o del balón 320 presente aún adicionalmente un filtro paso bajo, entonces en el procedimiento de multiplexación en frecuencia también pueden extraerse mediante filtrado los valores de medición del campo magnético terrestre estático.
- 10 Según un ejemplo de realización de la presente invención el medio de evaluación 920 está configurado para obtener la información sobre la posición del objeto móvil 320 mediante la resolución de un sistema de ecuaciones, en el que se utiliza la secuencia de valores de medición de los campos magnéticos con respecto a las al menos dos bobinas. Como ya se ha descrito anteriormente, según un ejemplo de realización de la presente invención el medio de evaluación 920 también puede estar configurado para obtener la información sobre la posición del objeto móvil 320 mediante la comparación de los valores de medición de la secuencia de valores de medición de los campos magnéticos con valores determinados de antemano, que corresponden a posiciones del objeto móvil 320 en el área de determinación de ubicación. Para ello, por ejemplo, pueden calcularse o medirse de antemano las intensidades de campo y las direcciones de campo de los campos de bobina individuales en el espacio de portería. Los valores de medición del balón 320 se comparan entonces con estos valores calculados o medidos. El registro de datos que tiene los mejores aciertos designa finalmente la ubicación del balón 320.
- 15 Una exactitud de la determinación de posición puede aumentarse según un ejemplo de realización de la presente invención, combinándose las mediciones de las intensidades de campo magnéticas con las mediciones de las direcciones de campo correspondientes. Así, por ejemplo, puede tener lugar una comprobación de plausibilidad y pueden excluirse ambigüedades. Mediante la medición del vector de campo $\vec{H}_{\text{terrestre}}$ del campo magnético terrestre en la ubicación del objeto móvil 320 y la transmisión posterior de los datos de medición al medio de evaluación 920, según un ejemplo de realización de la presente invención puede determinarse la velocidad de rotación del balón o del objeto móvil 320 y por medio de valores de posición determinados anteriormente determinarse en el medio de evaluación 920 una velocidad del balón y una dirección de vuelo. Esta información, junto con otras propiedades físicas conocidas del balón 320, puede posibilitar una corrección de errores adicional para mediciones o determinaciones de la posición posteriores.
- 20 Después de haber calculado la ubicación del objeto móvil o del balón 320 por el medio de evaluación 920, se comprueba, por ejemplo, si el balón 320 ha traspasado la línea de gol. Para ello puede recurrirse a las coordenadas conocidas de la línea de gol. En caso de que el dispositivo 900 determine un evento "gol", así el dispositivo 900 según un ejemplo de realización de la presente invención puede estar configurado además para transmitir una señal correspondiente, por ejemplo, por radio, a un reloj de un árbitro.
- 25 En resumen, se describirá ahora mediante la figura 10 un sistema de determinación de posición para la determinación de la posición de un objeto móvil o de un balón según un ejemplo de realización de la presente invención, que presenta ejemplos de realización de los componentes de sistema según la invención descritos anteriormente.
- 30 La figura 10 muestra una portería de fútbol 300, que comprende un primer poste 300a, un segundo poste 300b y un larguero 300c. Además, la portería de fútbol 300 presenta un primer elemento de suspensión de red 300d y un segundo elemento de suspensión de red 300e. El primer poste 300a presenta una primera bobina 200a, el segundo poste 300b presenta una segunda bobina 200b, el larguero 300c presenta una tercera bobina 200c, el primer elemento de suspensión de red 300d presenta una cuarta bobina 200d y el segundo elemento de suspensión de red 300e presenta una quinta bobina 200e. Además la figura 10 muestra un balón 320 que se encuentra en el espacio de portería o en el área de determinación de ubicación, que presenta un sensor de campo magnético tridimensional 800. Además, el sistema mostrado en la figura 10 presenta un dispositivo de control y evaluación central 1000. Con los caracteres de referencia 1010 se caracterizan a modo de ejemplo líneas magnéticas procedentes de la primera bobina 200a.
- 35 El dispositivo de control y evaluación central 1000 presenta un dispositivo 100 descrito mediante la figura 1 para controlar las bobinas 200a-e, así como un dispositivo 900 descrito mediante la figura 9 para determinar información sobre la posición del balón. La determinación de las posiciones del balón 320 se produce, por ejemplo, según el procedimiento según la invención descrito mediante la figura 4, utilizándose en el ejemplo de realización de la presente invención mostrado en la figura 7 en total cinco bobinas 200a-e. Evidentemente también puede utilizarse el procedimiento de multiplexación en frecuencia descrito anteriormente. En general ha de indicarse, que un uso de un

mayor número de bobinas puede aumentar la exactitud de la determinación de posición del balón 320.

Además, según un ejemplo de realización de la presente invención, el dispositivo de control y evaluación central 1000 comprende un medio para transmitir información sobre cuál de las cinco bobinas 200a-e se controla en este momento por el medio para generar señales de activación de bobina, para posibilitar una sincronización en el tiempo entre el medio para generar señales de activación de bobina y el sistema de medición del balón 320. La transmisión de la información de bobina puede realizarse en este caso, por ejemplo, por medio de un emisor de radio. También es concebible una codificación de la información de bobina mediante una determinada secuencia de control de las bobinas respectivas. De manera ventajosa, el balón 320, según un ejemplo de realización de la presente invención, transfiere adicionalmente a los datos de medición de campo magnético también información sobre la bobina respectiva, a la que corresponden los datos de medición de campo magnético, al dispositivo para la determinación de información sobre la posición del balón.

Según otro ejemplo de realización de la presente invención una secuencia de control para las bobinas puede estar predeterminada, de modo que el dispositivo de control y evaluación central 1000 sólo tenga que presentar un medio para transmitir una información sobre un inicio de la secuencia de control de las señales de activación de bobina. En caso de que el balón 320 reciba esta señal de inicio desde el medio, se produce la medición del campo magnético en el balón de manera análoga a la secuencia de control para las bobinas.

En caso de utilizar el procedimiento de multiplexación en frecuencia, así según un ejemplo de realización de la presente invención, el dispositivo de control y evaluación central 1000 comprende un medio de filtro, en particular un medio de filtro paso banda, para poder asociar los valores de medición de campo magnético transferidos desde el balón 320 en cada caso a las bobinas 200a-e.

En la localización según la invención con ayuda de campos magnéticos es ventajoso cuando la geometría de campo de los campos magnéticos respectivos no presenta a ser posible interferencias o es físicamente ideal. Posibles influencias sobre la geometría de campo son, por ejemplo, objetos ferromagnéticos en la proximidad de la portería 300, turbulencias inducidas por objetos en movimientos en la proximidad de la portería o sistemas eléctricos tales como, por ejemplo, cables de corriente en la proximidad de la portería. Para eliminar la influencia de objetos ferromagnéticos (por ejemplo, la subestructura para un césped desplazable en un estadio de fútbol), tras un montaje del sistema según la invención mostrado a modo de ejemplo en la figura 10, por ejemplo, con ayuda de un denominado escáner para porterías, puede medirse una distorsión del campo magnético en proximidad inmediata de la línea de gol. Como estas influencias son estáticas, estos valores de medición pueden considerarse en la determinación de ubicación del balón 320. Esto puede conseguirse, por ejemplo, por medio de una tabla de corrección en una memoria del dispositivo de control/evaluación central 1000.

Según un ejemplo de realización de la presente invención, el dispositivo de control/evaluación central 1000 puede presentar un dispositivo para la determinación de información sobre la posición del balón, que esté configurado para recurrir a valores de medición de campo magnético diferenciales para la determinación de la posición, es decir, no sólo pueden determinarse intensidades de campo absolutas de los campos magnéticos que pueden asociarse a las bobinas individuales en la ubicación del objeto móvil, sino también campos magnéticos diferenciales o diferencias de campo magnético entre los campos magnéticos que pueden asociarse a las bobinas individuales. Al considerar diferencias de campo magnético en la ubicación del objeto móvil, pueden ignorarse más fácilmente, por ejemplo, influencias perjudiciales de acción externa.

Cuando objetos conductores (también personas) se mueven en un campo magnético, entonces en estos objetos puede inducirse un campo magnético. Este campo magnético puede influir en la geometría de campo de los campos magnéticos generados por las bobinas 200a-e. Sin embargo, en el caso de un partido de fútbol los jugadores no se mueven tan rápido como para provocar una inducción notable. Sin embargo, como ya se describió anteriormente, el balón 320 puede alcanzar velocidad de hasta 140 km/h. Por ello en el caso de una implementación ha de tenerse en cuenta preferiblemente, que el sistema electrónico en el balón 320 sea lo más pequeño posible y que no presente superficies conductoras grandes.

Una influencia sobre los campos magnéticos generados mediante las bobinas 200a-e mediante cables de corriente situados en la proximidad de las bobinas 200a-e es relativamente reducida. Un cable de corriente presenta la mayoría de las veces un conductor de ida y uno de vuelta, de modo que los campos magnéticos del conductor de ida y del de vuelta se anulan entre sí. Incluso en el caso de conductores individuales la influencia sería relativamente reducida, porque a una frecuencia de red de 50 Hz la acción de campo equivaldría a una ligera modificación del campo magnético terrestre. Sin embargo, esto ya se tiene en cuenta según la invención mediante el procedimiento de medición con cambio de polaridad de los campos magnéticos generados por las bobinas 200a-e.

Según un ejemplo de realización de la presente invención el balón 320 puede activarse en la proximidad de la portería 300 mediante una señal débil que, por ejemplo, se envía por un emisor configurado para ello del medio de control/evaluación central 1000. Para ello, el balón 320 según un ejemplo de realización de la presente invención presenta un receptor, que recibe la señal de activación y a continuación, a través del medio de control o un procesador activa el sistema de medición en el balón en la proximidad de la portería 300. Según un ejemplo de realización de la presente invención, el procesador enciende el receptor en el balón, por ejemplo, cada 100 ms. Una

vez que se reconozca la señal de activación del balón 320, el balón pasa al funcionamiento continuo.

5 Según otro ejemplo de realización de la presente invención, en la portería 300 o en la proximidad de la portería 300 puede generarse un campo magnético permanente a través de una bobina. En caso de que el balón 320 se aproxime a la portería 300, entonces lo reconoce el sensor de campo magnético tridimensional 800 en el balón 320. Una vez que éste sea el caso, se enciende el sistema de medición en el balón 320. También en este caso, por ejemplo, pueden ponerse en funcionamiento los sensores sólo cada 100 milisegundos durante poco tiempo.

10 En los dos modos de proceder según la invención descritos anteriormente una detección sólo se enciende durante poco tiempo para ahorrar energía. Cuando el balón 320 ya no reconoce ninguna señal durante mucho tiempo, por ejemplo, un día, se incrementa un contador para la detección, por ejemplo, hasta diez segundos. De este modo puede reducirse de nuevo drásticamente el consumo de energía. Como según un ejemplo de realización de la presente invención puede consultarse el estado de una batería en el balón 320, se garantiza que el contador en el balón 320 al inicio del juego se encuentra de nuevo, por ejemplo, en 100 milisegundos.

15 Según un ejemplo de realización de la presente invención el suministro de corriente en el balón 320 puede estar configurado, por ejemplo, para 300 horas de tiempo de juego activo. En un denominado funcionamiento "en apagado", la vida útil de la batería del balón 320 puede estar configurada, por ejemplo, para tres años. Mediante el uso de una batería puede prescindirse completamente de una técnica de carga compleja de un acumulador.

20 En este punto ha de indicarse que el suministro de energía del balón 320 también podría realizarse evidentemente sin batería por medio de acumuladores que, por ejemplo, pueden cargarse mediante operaciones naturales, tales como irradiación solar o movimiento. Sin embargo, esto requeriría técnicas de carga relativamente complejas, como se indicó anteriormente.

25 Una ventaja del concepto según la invención para la determinación de la posición consiste en que una determinación de posición puede realizarse de manera muy robusta con respecto a una influencia deseada o no deseada. El sistema representado en la figura 10 para la determinación de la posición de un objeto móvil según un ejemplo de realización de la presente invención podría perjudicarse, por ejemplo, al verse perjudicada una conexión de radio entre el balón 320 y el ordenador central 1000. Como según un ejemplo de realización de la presente invención una antena de recepción está integrada en la unidad de control 1000 de las bobinas y así puede encontrarse detrás de la portería cerca de la misma, una interferencia en el sistema es muy compleja. La antena puede estar orientada además, por ejemplo, como antena direccional hacia el campo de juego. Además una transferencia de datos entre el balón 320 y la unidad de control central 1000 según un ejemplo de realización de la presente invención sólo está activa, cuando el balón está muy cerca de la portería, es decir en el área de determinación de ubicación. Un rendimiento de recepción de la conexión de radio es muy elevado por la distancia relativamente corta entre el balón 320 y la unidad de control 1000. De este modo un atacante potencial tendría que utilizar un dispositivo muy complejo y así con gran probabilidad poco discreto.

35 También los campos magnéticos generados por las bobinas 200a-e podrían verse perjudicados. Sin embargo, los campos magnéticos artificiales no se distribuyen en el espacio de manera muy amplia, porque su intensidad de campo disminuye con el cuadrado de la distancia de la bobina. En consecuencia, un atacante tendría que montar bobinas relativamente grandes, para poder generar un campo de interferencia.

40 Mediante las observaciones de plausibilidad integradas en el medio de evaluación el sistema puede reconocer una interferencia y, por ejemplo, generar un aviso, en caso de que por radio o por campo magnético se lograra interferir en el sistema.

45 Según un ejemplo de realización de la presente invención, en la portería se instalan de manera fija sensores de campo magnético para poder supervisar los campos magnéticos generados por las bobinas 200a-e. Con ayuda de estos sensores pueden regularse los campos magnéticos de modo que, por ejemplo, pueden corregirse las influencias del entorno (la temperatura puede influir en la resistencia de las bobinas) o influencias técnicas (por ejemplo, encendido repentino de una calefacción para el césped).

50 Como en el caso del concepto según la invención para la determinación de la posición de un objeto móvil no se utiliza ninguna localización por radio, no se interfiere en otros sistemas de radio, que funcionen en el mismo intervalo de frecuencias. La conexión de radio direccional entre el balón 320 y el ordenador central 1000 puede estar dispuesta, por ejemplo, en el rango de 2,4 GHz y debido a la baja tasa de datos a la que va a transmitirse tiene una banda muy estrecha. Por ello no representa una carga para sistemas WLAN existentes (WLAN = Wireless Local Area Network).

55 Como los campos magnéticos generados y utilizados por las bobinas 200a-e se encuentran en el orden de magnitud del campo magnético terrestre puede partirse de que no tienen una acción biológica. Tampoco la conmutación de los campos magnéticos, debido a los tamaños de las bobinas y una distribución de superficie grande relacionada con ello del campo magnético tiene efectos significativos. Por ejemplo, una carga puntual por un teléfono móvil es muchos órdenes de magnitud mayor en comparación con ello.

- 5 En el caso de sistemas basados en localización por radio, en la mayoría de los casos con un esfuerzo justificable no es posible poder diferenciar reflexiones de señales de la señal original, cuando la reflexión se produce muy cerca del emisor. Estos problemas no aparecen en el modo de proceder según la invención. Además no existe ningún problema con respecto a una cobertura de campo como en el caso de los sistemas ópticos y de localización por radio. Los campos magnéticos pueden atravesar sin atenuación personas y postes de portería. Por el contrario, por medio de señales de radio ya no puede localizarse el balón, cuando, por ejemplo, varias personas se encuentran sobre el balón.
- 10 Una ventaja adicional de los ejemplos de realización de la presente invención consiste en que el objeto móvil o el balón puede presentar un consumo de corriente reducido, porque no tiene que enviar una señal de localización continua, como es necesario, por ejemplo, en el caso de sistemas de radar o sistemas de localización por radio.
- 15 En caso de utilizar un sistema según la invención, por ejemplo, para detectar la portería en el fútbol, entonces no son necesarios montajes grandes en un estadio de fútbol. Todos los montajes necesarios se encuentran únicamente en las dos porterías respectivas. Además no se requiere ninguna medición o calibración de antenas o cámaras. Además no existe ninguna carga de sistema innecesaria por balones implicados en el juego, porque pueden apagarse o pueden no encontrarse en el alcance de los campos magnéticos generados en el espacio de portería.
- Como ya se ha descrito anteriormente, en el concepto según la invención no es necesario intervenir en el funcionamiento del juego, porque automáticamente se realiza una activación del balón.
- 20 Por último, pero no menos importante, puede realizarse una instalación de un sistema según la invención para la determinación de posición de un objeto móvil con costes considerablemente menores en comparación con sistemas basados en radio u ópticos.
- Posibilidades de aplicación adicionales del concepto según la invención pueden observarse evidentemente también en otros tipos de deporte, en los que, por ejemplo, tienen que tomarse decisiones críticas con respecto a la portería. Aplicaciones concebibles pueden encontrarse además, por ejemplo, también en la logística, en la que a menudo es ventajoso un conocimiento de posiciones de productos o artículos.
- 25 En resumen, los ejemplos de realización de la presente invención crean por tanto un procedimiento para la determinación de la ubicación de un balón mediante mediciones sucesivas de las intensidades de campo de varias bobinas, un procedimiento para la determinación de la ubicación de un balón mediante mediciones sucesivas de las direcciones de campo de varias bobinas, un procedimiento para aumentar la exactitud mediante combinación de mediciones de intensidad de campo con mediciones de dirección de campo y un procedimiento para aumentar la exactitud mediante determinación de la velocidad de rotación del balón para poder calcular mejor la trayectoria adicional. Ejemplos de realización adicionales de la presente invención comprenden un procedimiento para la medición de distorsiones de campo por medio de un escáner para porterías, un procedimiento para la determinación de la ubicación por medio de la intensidad de campo y direcciones de campo calculadas de antemano en el plano de la línea de gol. Con respecto al balón los ejemplos de realización de la presente invención crean un procedimiento para activar el balón por medio de ondas de radio, un procedimiento para activar el balón por medio de un campo magnético y un procedimiento para ahorrar energía con ayuda de la técnica de activación y el muestreo dinámico de las condiciones de activación. Además, los ejemplos de realización de la presente invención comprenden un procedimiento para detectar una influencia deseada o no deseada en el sistema.
- 30
- 35
- 40 En particular se indica que en función de las circunstancias, el esquema según la invención también puede estar implementado en software. La implementación puede realizarse sobre un medio de almacenamiento digital, en particular un disquete o un CD con señales de control legibles electrónicamente, que puedan actuar conjuntamente con un sistema informático programable y/o un microcontrolador de modo que se realice el procedimiento correspondiente. En general, la invención consiste así también en un producto de programa informático con un código de programa almacenado en un soporte legible por máquina para la realización del procedimiento según la invención, cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador y/o un microcontrolador. Dicho de otro modo la invención puede realizarse así como un programa informático con un código de programa para la realización del procedimiento cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador y/o un microcontrolador.
- 45

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (100) para controlar al menos dos bobinas (200a,b), que están dispuestas en posiciones diferentes con respecto a un área de determinación de ubicación, para una indicación de posición de un objeto (320), que se encuentra dentro del alcance de campos magnéticos generados por las bobinas (200a,b), con las siguientes características:

un medio (110) para generar señales de activación de bobina para las al menos dos bobinas (200a,b) con un procedimiento de multiplexación, estando configurado el medio (110) para generar señales de activación de bobina para generar las señales de activación de bobina para las al menos dos bobinas (200a,b) con polaridad diferente.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el medio (110) para generar señales de activación de bobina está configurado para generar secuencialmente, con un procedimiento de multiplexación en el tiempo, señales de activación de bobina para las al menos dos bobinas (200a,b), de modo que en un primer periodo de tiempo sólo está activada una de las al menos dos bobinas (200a,b) y en un segundo periodo de tiempo sólo está activada la otra de las al menos dos bobinas (200a,b).
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que el medio (110) para generar señales de activación de bobina está configurado para generar las señales de activación de bobina por separado en el tiempo de modo que un campo magnético generado por una bobina (200) controlada es constante al menos durante un periodo de tiempo predeterminado.
- 20 4. Dispositivo según la reivindicación 3, en el que el medio (110) para generar señales de activación de bobina está configurado para generar las señales de activación de bobina por separado en el tiempo de modo que un campo magnético generado por una bobina (200) controlada es constante al menos durante el periodo de tiempo $T \geq 10$ microsegundos.
- 25 5. Dispositivo según la reivindicación 2, presentando el dispositivo además la siguiente característica:

un medio para transmitir informaciones sobre qué bobina de las al menos dos bobinas (200a,b) se controla precisamente por el medio (110) para generar señales de activación de bobina.
- 30 6. Dispositivo según la reivindicación 2, presentando el dispositivo además la siguiente característica:

un medio para transmitir una información sobre un inicio de la generación secuencial de las señales de activación de bobina.
- 35 7. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el medio (110) para generar señales de activación de bobina está configurado para generar, con un procedimiento de multiplexación en frecuencia, campos alternos magnéticos con las al menos dos bobinas (200a,b), de modo que un campo alterno magnético de una de las al menos dos bobinas (200a,b) presenta una frecuencia distinta a la de un campo alterno magnético de la otra de las al menos dos bobinas (200a,b).
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio (110) para generar señales de activación de bobina está configurado para generar las señales de activación de bobina para las al menos dos bobinas (200a,b) con intensidades diferentes.
9. Dispositivo según la reivindicación 1, presentando el dispositivo además la siguiente característica:

un medio para generar una señal de activación permanente para una bobina adicional a las al menos dos bobinas (200a,b).
- 40 10. Objeto móvil (320) para una localización en un área de determinación de ubicación, en la que están dispuestas al menos dos bobinas (200a,b) en posiciones diferentes con respecto al área de determinación de ubicación y se controlan según una secuencia de control mediante señales de activación de bobina generadas con un procedimiento de multiplexación para las al menos dos bobinas (200 a,b) con diferente polaridad, presentando el objeto móvil las siguientes características:

45 un sensor de campo magnético (800) para detectar un campo magnético, en el que se encuentra el objeto móvil (320);

un transmisor (820) para enviar al menos un valor de medición; y

un control (810) para controlar el sensor de campo magnético (800) o el transmisor (820), de modo que según la secuencia de control pueden enviarse valores de medición de campo magnético.
- 50 11. Objeto móvil según la reivindicación 10, en el que el sensor de campo magnético (800) es un sensor de

- campo magnético tridimensional.
12. Objeto móvil según la reivindicación 10, en el que el transmisor (820) para enviar al menos un valor de medición presenta un radiotransmisor.
- 5 13. Objeto móvil según la reivindicación 10, en el que el objeto móvil (320) presenta un medio de suministro de energía, para suministrar energía al objeto móvil (320).
14. Objeto móvil según la reivindicación 10, en el que el control (810) está configurado para controlar a intervalos de tiempo predeterminados el sensor de campo magnético (800) y/o el transmisor (820).
15. Objeto móvil según la reivindicación 10, que presenta la siguiente característica adicional:
un receptor para recibir una señal de activación para el objeto móvil (320);
- 10 un procesador para activar el control (810) para controlar el sensor de campo magnético (800) o el transmisor (820) basándose en la señal de activación.
16. Dispositivo según la reivindicación 1, con un medio (900) para determinar informaciones sobre una posición de un objeto (320) con un receptor (910) para recibir una secuencia de valores de medición del objeto móvil (320), pudiendo asociarse los valores de medición de la secuencia de valores de medición a una bobina de las al menos dos bobinas (200a,b); y
- 15 un medio de evaluación (920) para evaluar la secuencia de valores de medición y el uso de informaciones sobre las bobinas (200a,b) de las que proceden los valores de medición individuales, para obtener la información sobre la posición del objeto móvil (320).
17. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el receptor (910) es un radioreceptor.
- 20 18. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el medio de evaluación (920) está configurado para obtener la información sobre la posición del objeto móvil (320) mediante la resolución de un sistema de ecuaciones, en el que se utiliza la secuencia de valores de medición con respecto a los campos magnéticos de las bobinas (200a,b) individuales.
- 25 19. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el medio de evaluación (920) está configurado para obtener la información sobre la posición del objeto móvil (320) comparando los valores de medición de la secuencia de valores de medición con valores predeterminados que corresponden a posiciones del objeto móvil (320) en el área de determinación de ubicación.
- 30 20. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el medio de evaluación (920) está configurado para aumentar una precisión de la información sobre la posición del objeto móvil (320), combinando valores de medición de intensidad de campo del campo magnético con correspondientes valores de medición de dirección de campo.
- 35 21. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el medio de evaluación (920) está configurado para determinar una velocidad de rotación del objeto móvil (320) mediante la evaluación de valores de medición secuenciales del campo magnético terrestre.
22. Dispositivo según la reivindicación 16 o 21, en el que el medio de evaluación (920) está configurado para corregir la información sobre la posición del objeto móvil (320) basándose en informaciones previas sobre posiciones previas del objeto móvil (320) y la velocidad de rotación.
23. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el dispositivo (900) presenta además las siguientes características:
- 40 un transmisor para enviar una señal de activación para un objeto móvil (320).
24. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que medio de evaluación (920) para evaluar la secuencia de valores de medición está configurado para filtrar la secuencia de valores de medición de tal manera que una secuencia filtrada presenta valores de medición de campos magnéticos de sólo una de las al menos dos bobinas (200a,b).
- 45 25. Portería con dos postes laterales (300a,b) y un larguero (300c), con las siguientes características:
una primera bobina (200a) y una segunda bobina (200b), estando colocadas las bobinas en cada caso en uno distinto de los dos postes (300a,b) o el larguero (300c) y estando controladas por el dispositivo según la reivindicación 1.
26. Portería según la reivindicación 25, presentando la portería (300) una red, que cuelga de al menos dos

- elementos de suspensión de red (300d,e) y estando colocada una primera bobina (200a) en un primer poste lateral (300a), una segunda bobina (200b) en un segundo poste lateral (300b), una tercera bobina (200c) en el larguero (300c), una cuarta bobina (200d) en un primer elemento de suspensión de red (300d) y una quinta bobina (200e) en un segundo elemento de suspensión de red (300e).
- 5 27. Portería con dos postes laterales (300a,b) y un larguero (300c), con las siguientes características:
- una primera bobina (200a), estando arrollada la primera bobina (200a) alrededor de un área delimitada por los postes laterales (300a,b) y el larguero (300c),
- 10 presentando la portería (300) además dos postes de suspensión de red y un larguero de suspensión de red y estando arrollada una segunda bobina (200b) alrededor de un área delimitada por los postes de suspensión de red y el larguero de suspensión de red, controlándose además las dos bobinas por el dispositivo según la reivindicación 1.
28. Procedimiento de determinación de la posición con las siguientes etapas:
- 15 controlar al menos dos bobinas (200a,b), que están dispuestas en posiciones diferentes con respecto a un área de determinación de ubicación, para una indicación de posición de un objeto (320) que se encuentra dentro del alcance de campos magnéticos generados por las bobinas (200a,b) mediante la generación de señales de activación de bobina para las al menos dos bobinas (200a,b) con un procedimiento de multiplexación, generándose las señales de activación de bobina para las al menos dos bobinas con polaridad diferente;
- 20 detectar un campo magnético a través de un objeto móvil (320), en el que se encuentra el objeto móvil (320);
- enviar al menos un valor de medición a través del objeto móvil (320); y
- controlar un sensor de campo magnético (800) o un transmisor (820), de modo que según la secuencia de control puedan enviarse valores de medición de campo magnético a través del objeto móvil (320);
- 25 recibir una secuencia de valores de medición desde el objeto móvil (320), estando asociado cada valor de medición de la secuencia de valores de medición a una bobina de las al menos dos bobinas (200a,b); y
- evaluar la secuencia de valores de medición usando informaciones sobre las bobinas de las que proceden los valores de medición individuales, para obtener la información sobre la posición del objeto móvil (320).
29. Programa informático con un código de programa para la realización del procedimiento según la reivindicación 28, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o microcontrolador.
- 30

FIG 1

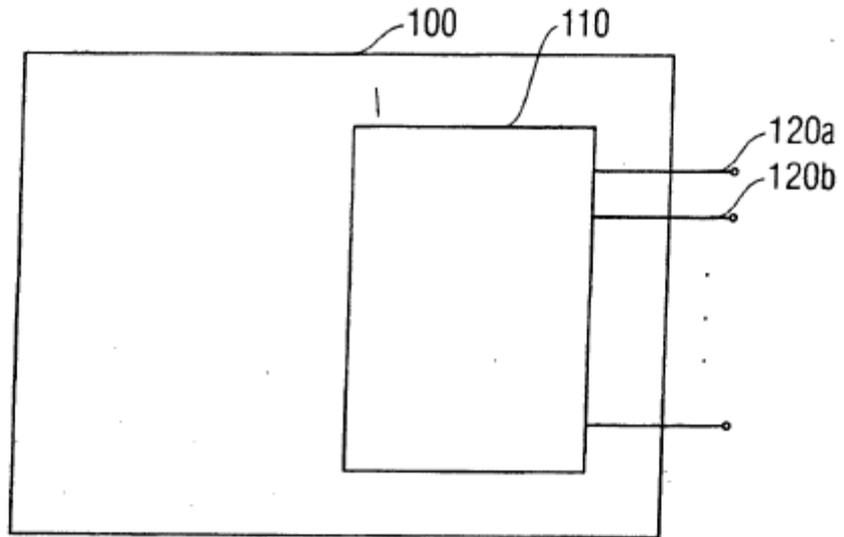


FIG 2a

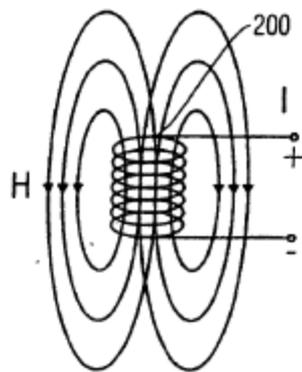


FIG 2b

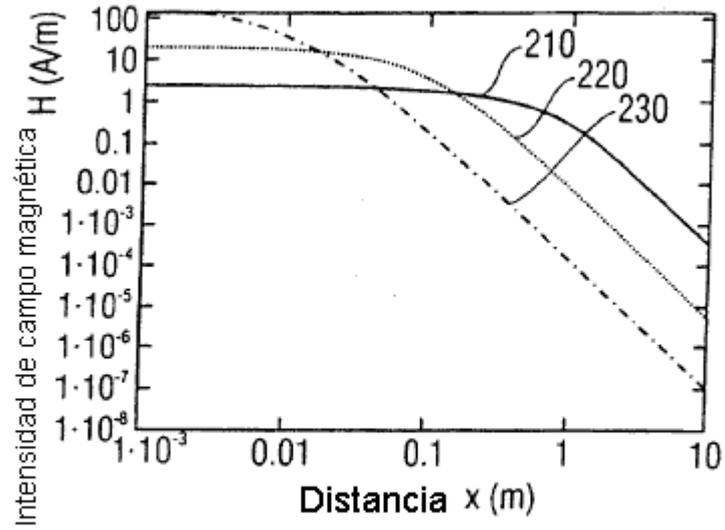


FIG 3

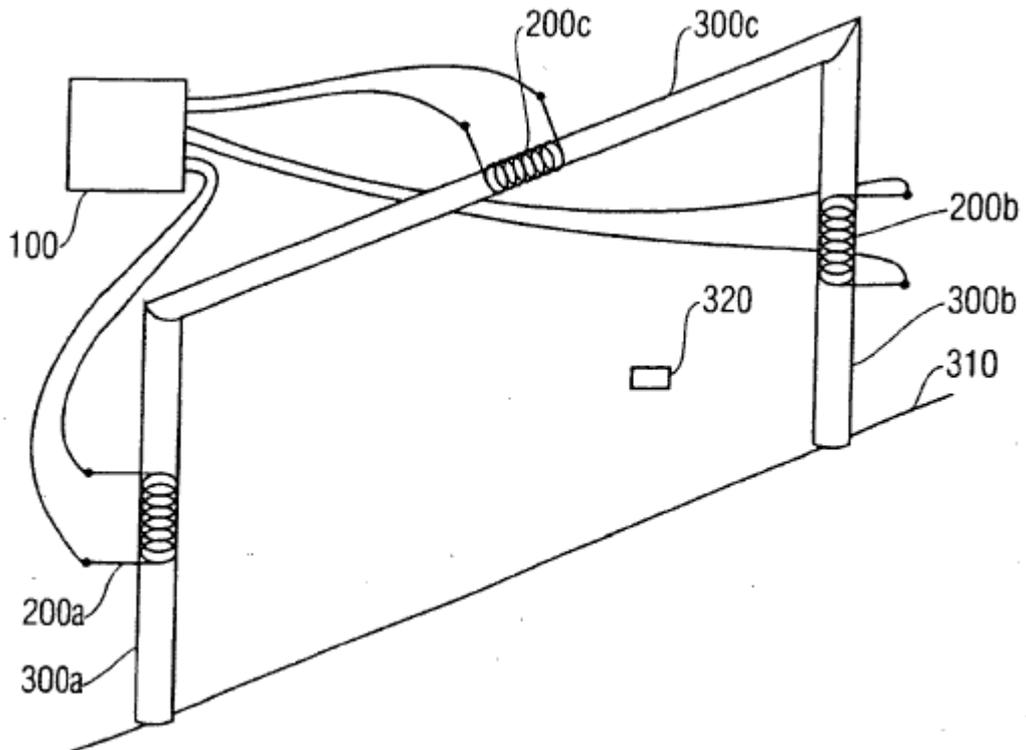


FIG 4

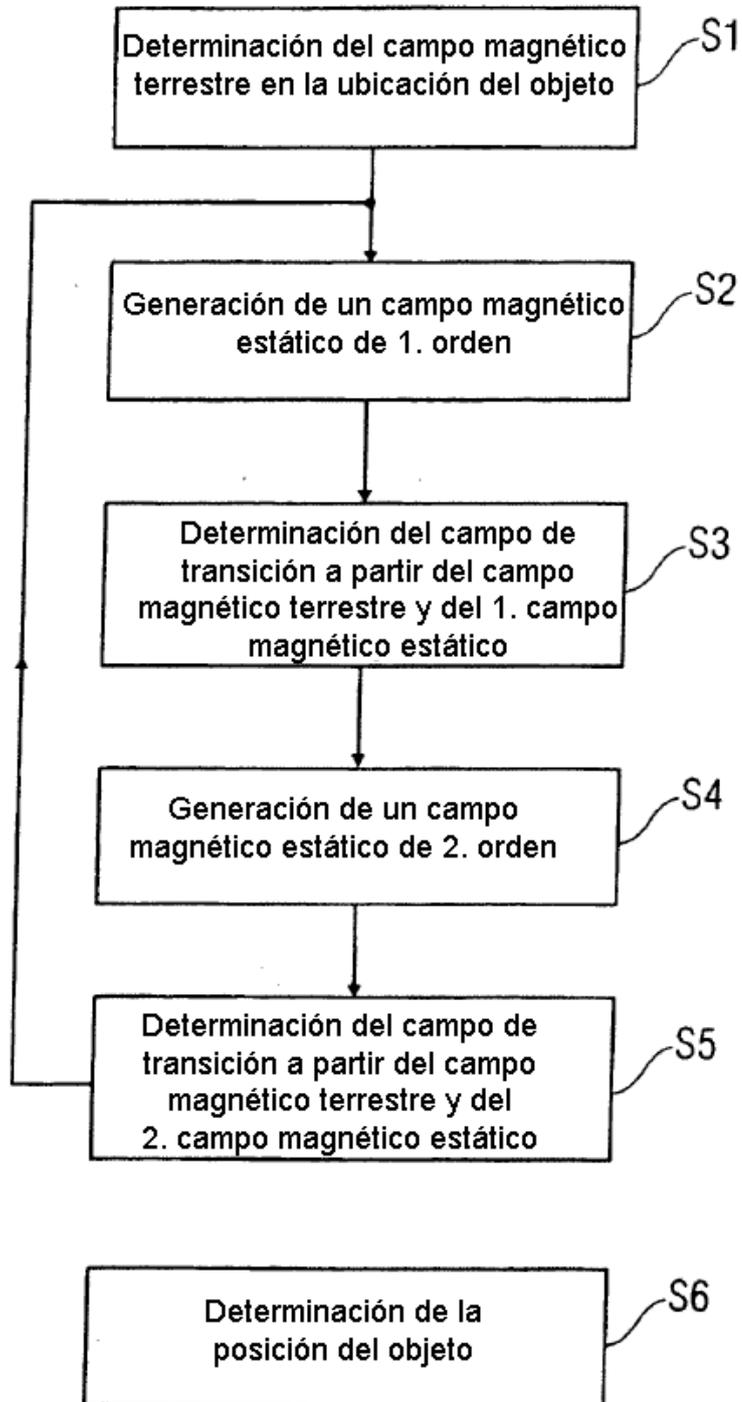


FIG 5

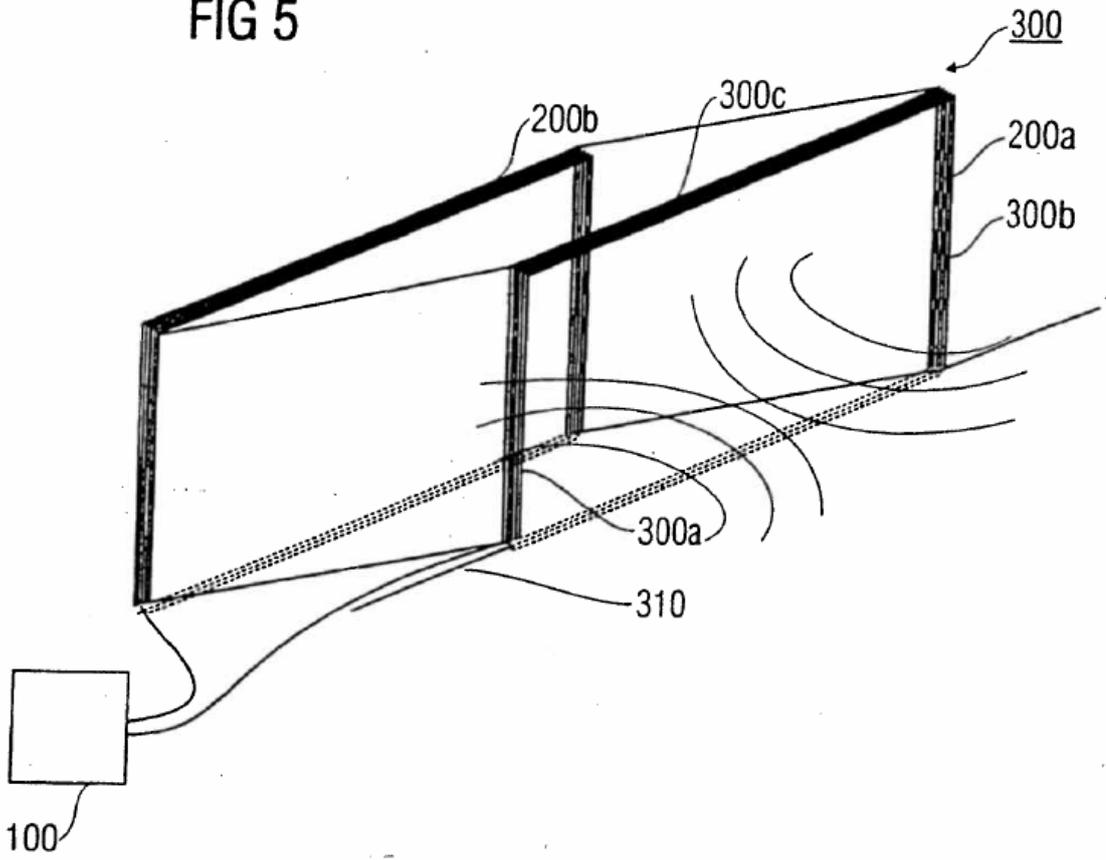


FIG 6

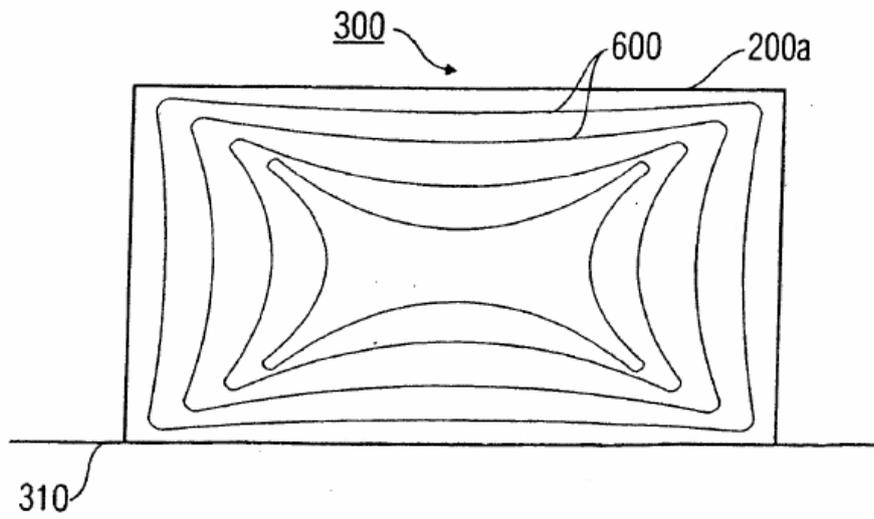


FIG 7

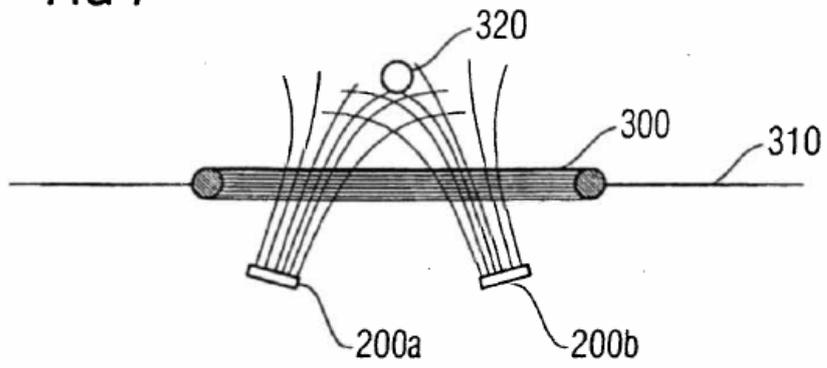


FIG 8

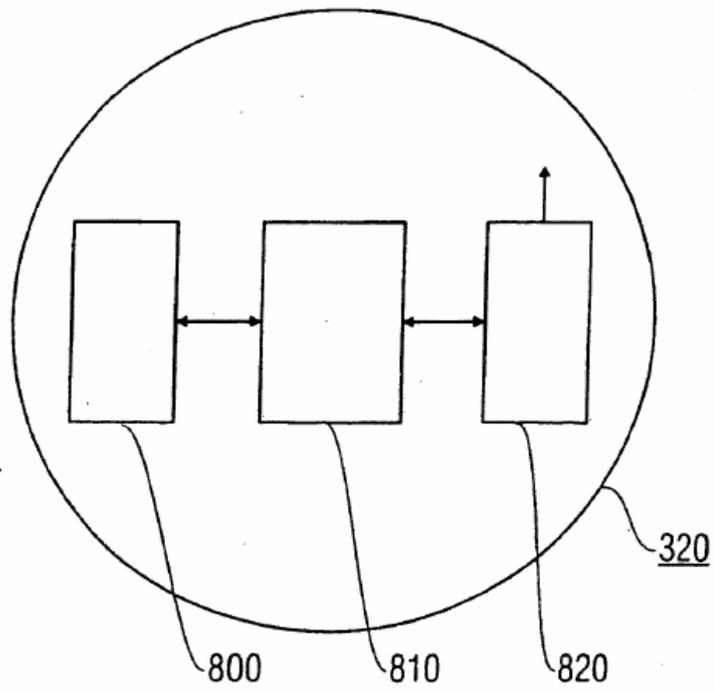


FIG 9

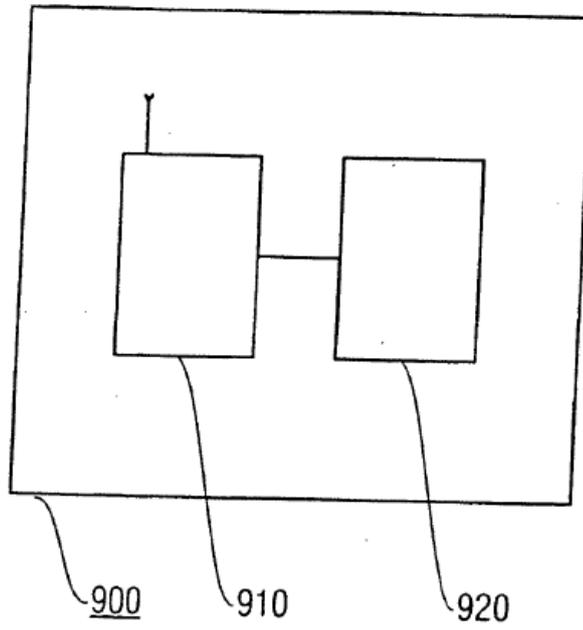


FIG 10

