

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 948**

51 Int. Cl.:

**G01S 5/10** (2006.01)

**G01S 5/02** (2010.01)

**G01S 3/30** (2006.01)

**H04W 24/08** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2012 E 12738456 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2737332**

54 Título: **Concepto para la determinación de una orientación de un dispositivo móvil**

30 Prioridad:

**25.07.2011 US 201161511405 P**  
**26.10.2011 EP 11186790**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.12.2015**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (50.0%)**  
**Hansastrasse 27C**  
**80686 München, DE y**  
**FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT**  
**ERLANGEN-NÜRNBERG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SEITZ, JOCHEN;**  
**VAUPEL, THORSTEN;**  
**HAIMERL, STEPHAN y**  
**THIELECKE, JÖRN**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

Observaciones :

**Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 554 948 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).

Concepto para la determinación de una orientación de un dispositivo móvil  
**DESCRIPCIÓN**

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a un concepto para la determinación de una orientación de un dispositivo móvil. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a un concepto para el seguimiento de la orientación y posición por Wi-Fi.

10 Los teléfonos inteligentes modernos están equipados con una variedad de sensores. Para posicionamiento, pueden usarse receptores de satélite, módulos GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles) y módulos LAN (Red de Área Local) inalámbricos. En base a ellos, se puede proporcionar nuevos y baratos métodos para la navegación peatonal. Esto permite nuevos tipos de servicios basados en la localización para peatones que varían desde llamadas a taxis, hallar puntos de interés de la ciudad y guías de museo.

15 Comúnmente la primera elección para la navegación es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Sin embargo, la falta de precisión y disponibilidad de GPS en entornos urbanos e interiores es un problema extendido. Con el uso popular del GPS asistido (A-GPS) en los teléfonos inteligentes pueden reducirse el tiempo de inicio para fijación de la primera posición GPS y el consumo de energía. Pero, si las señales son demasiado débiles para la detección, el posicionamiento falla. Más aún, en el exterior la orientación horizontal de un dispositivo puede detectarse fácilmente usando brújulas electrónicas. Sin embargo, las perturbaciones magnéticas en el interior conducen a resultados de  
 20 brújula no fiables.

Como una solución alternativa o complementaria para entornos interiores Bahl et ál. (Bahl, P., Padmanabhan, V.: Radar: an in-building rf-based user location and tracking system. En: Proceedings on INFOCOM the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Tel Aviv, Israel (2000)) sugirió un método de  
 25 posicionamiento en base a la intensidad de la señal recibida (RSS) en redes Wi-Fi™ (Wi-Fi: <http://www.wi-fi.org/>). Wi-Fi es una marca registrada de la Wi-Fi Alliance (2003)). Actualmente, debido a un número creciente de puntos de acceso públicos y privados, el posicionamiento Wi-Fi se convierte en más y más atractivo para la navegación peatonal (Meyer, S., Vaupel, T., Haimerl, S.: Wi-fi coverage and propagation for localization purposes in permanently changing urban areas. En: Proceedings on IADIS the international Conference Wireless Applications and Computing, Amsterdam, Holanda (2008)) y ya está integrado en muchos teléfonos inteligentes.  
 30

Un reto restante en el seguimiento peatonal es la estimación del rumbo de una persona. Los peatones se mueven muy lentamente puede girar en cualquier momento sin cambiar su posición. De ese modo, el vector de velocidad de un peatón calculado a partir de posiciones consecutivas tiene una precisión muy baja. La precisión de  
 35 posicionamiento puede mejorarse mediante la combinación del posicionamiento Wi-Fi con navegación estimada, usando sensores de bajo coste tal como se propone en Seitz, J., Vaupel, T., Meyer, S., Gutierrez Boronat, J., Thielecke, J.: A hidden markov model for pedestrian navigation, en: Proceedings on WPNC the 7th Workshop on Positioning, Navigation and Communication, Dresden, Alemania (2010); Seitz, J., Vaupel, T., Jahn, J., Meyer, S., Gutierrez Boronat, J., Thielecke, J.: A hidden markov model for urban navigation based on fingerprinting and pedestrian dead reckoning, en: Proceedings on the 13th International Conference on Information Fusion, Edinburgh, Reino Unido (2010). Para peatones, la navegación estimada puede mejorarse mediante la detección de los pasos, tal como se analiza en Jahn, J., Batzer, U., Seitz, J., Patino Studencka, L., Gutierrez Boronat, J.: Comparison and evaluation of acceleration based step length estimators for handheld devices. En: Proceedings on the 13th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Zúrich, Suiza (2010). Pero la estimación  
 40 de la orientación es aún un reto.  
 45

Más aún, en el artículo de Wallbaum, M.: Indoor geolocation using wireless local area networks. Tesis del doctorado en física, Department of Computer Science, RWTH Aachen University (2005) 17. Welch, G., Bishop, G.: An introduction to the kalman filter. University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, Estados Unidos (1995)  
 50 se acomete el problema específico de la determinación de la posición de objetos y personas dentro de edificios. De ese modo, puede desplegarse ahora ampliamente un método de bajo coste en base a las LAN inalámbricas.

Los métodos de posicionamiento Wi-Fi pueden dividirse en dos grupos. El primer grupo necesita una base de datos con las posiciones y la intensidad de la señal de puntos de acceso Wi-Fi conocidos, véase por ejemplo en Skyhook  
 55 Wireless: <http://www.skyhookwireless.com> y Schilit, B., LaMarca, A., Borriello, G., Griswold, W., McDonald, D., Lazowska, E., Balachandran, A., Hong, J., Iverson, V.: Challenge: Ubiquitous location-aware computing and the place lab initiative. En: Proceedings on the 1 st ACM international workshop on Wireless mobile applications and services on WLAN hotspots, San Diego, CA, Estados Unidos (2003), y el segundo grupo necesita una base de datos de las así denominadas huellas, por ejemplo en Bahl, P., Padmanabhan, V.: Radar: an in-building rf-based user location and tracking system, en: Proceedings on INFOCOM the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Tel Aviv, Israel (2000); Castro, P., Chiu, P., Kremenek, T., Muntz, R.: A probabilistic room location service for wireless networked environments, en: Proceedings on UBICOMP the 3rd International Conference on ubiquitous computing, Atlanta, GA, Estados Unidos. Springer (2001); Haeberlen, A., Flannery, E., Ladd, A., Rudys, A., Wallach, D., Kavraki, L.: Practical robust localization over large-scale 802.11 wireless networks,  
 60

en: Proceedings on MobiCom the 10th annual international conference on mobile computing and networking, Filadelfia, PA, Estados Unidos (2004); Ibach, P., Hbner, T., Schweigert, M.: Magicmap-kooperative positionsbestimmung ber wlan, en: Proceedings on the Chaos Communication Congress, Berlín, Alemania (2004); Teuber, A., Eissfeller, B.: Wlan indoor positioning based on euclidean distances and fuzzy logic, en: Proceedings on WPNC the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication, Hannover, Alemania (2006) y Youssef, M., Agrawala, A.: The horus location determination system, *Wireless Networks* 14(3), 357-374 (2008).

Una base de datos de huellas puede crearse mediante la recogida previa de mediciones RSS. Estas se referencian a continuación con las coordenadas de las posiciones en las que han sido observadas. De ese modo, una huella contiene una posición referenciada geográficamente, valores RSS y los identificadores correspondientes a los puntos de acceso recibidos. Para posicionamiento, el marcado de huellas se realiza mediante la correlación de las mediciones RSS actuales con las entradas de las huellas en la base de datos. A continuación, tras la selección de las huellas que mejor coinciden, puede calcularse la posición del usuario, por ejemplo, mediante una media de las posiciones de las huellas ponderadas por sus resultados de correlación. Más detalles sobre marcado de huellas se puede hallar en Bahl, P., Padmanabhan, V.: Radar: an in-building rf-based user location and tracking system, en: Proceedings on INFOCOM the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Tel Aviv, Israel (2000).

Cada entorno tiene una propagación de señal característica. La RSS en una posición específica depende de las pérdidas de trayecto, sombreado por objetos y propagación multi-trayecto. Cuanta más alta sea la densidad de los objetos que hacen sombra, mayor es la precisión del posicionamiento Wi-Fi, dado que las diferentes huellas son menos similares en el espacio de la señal. Por lo tanto, el posicionamiento Wi-Fi en interiores funciona muy bien debido a la estructura y mobiliario del edificio. En el exterior, especialmente en grandes plazas, la correlación con la base de datos da como resultado ambigüedades.

Para obtener resultados de posicionamiento Wi-Fi significativos, en la práctica, al menos se observan tres puntos de acceso. Una ventaja del posicionamiento Wi-Fi en entornos urbanos es que la infraestructura ya está establecida. Se pueden usar puntos de acceso privados y públicos existentes. Pero por otro lado, el posicionamiento padece de cambios no observados a lo largo del tiempo y el número de puntos de acceso disponibles varía de un sitio a otro. Un análisis de los cambios en la base de datos puede hallarse en Meyer, S., Vaupel, T., Haimerl, S.: Wi-fi coverage and propagation for localization purposes in permanently changing urban areas. En: Proceedings on IADIS the international Conference Wireless Applications and Computing, Ámsterdam, Holanda (2008).

Tal como se informa en Meyer, S., Vaupel, T., Haimerl, S.: Wi-fi coverage and propagation for localization purposes in permanently changing urban areas, en: Proceedings on IADIS the international Conference Wireless Applications and Computing, Ámsterdam, Holanda (2008) y Vaupel, T., Seitz, J., Kiefer, F., Haimerl, S., Thielecke, J.: Wi-fi positioning: System considerations and device calibration, en: Proceedings on the 13th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Zúrich, Suiza (2010), se usan varios métodos para recoger las mediciones para construir la base de datos de huellas.

La Fig. 1 muestra una representación de un área geográfica que indica las posiciones de la huella y el número de puntos de acceso detectados en cada posición. Como banco de pruebas para el posicionamiento, se usan por parte de Fraunhofer IIS las áreas metropolitanas de varias ciudades principales en Alemania (incluyendo Berlín, Hamburgo, Núremberg y Múnich). En la Fig. 1, se presenta una parte de la base de datos que cubre el centro de la ciudad de Núremberg. Allí, como media una huella contiene 21 puntos de acceso, si hay cobertura en lo más mínimo. En otras palabras, la Fig. 1 muestra un ejemplo extraído de la base de datos de huellas awiloc® de Fraunhofer IIS en Núremberg, visualizada como un mapa de [openstreetmaps.org](http://openstreetmaps.org). Por lo tanto, los puntos indican posiciones de la huella y la cantidad de puntos de acceso detectados en cada posición, tal como se representa en la ampliación.

El posicionamiento Wi-Fi puede usarse bien para localización en áreas urbanas, debido a que la densidad de puntos de acceso que pueden recibirse es suficientemente alta allí. Especialmente en interiores, el posicionamiento Wi-Fi ofrece resultados de localización fiables, pero se carece de un sistema de estimación barato y fiable de la orientación para entornos interiores. Los materiales ferromagnéticos en estructuras de edificios producen grandes perturbaciones magnéticas que conducen a rumbos de brújula no fiables. Los sistemas de navegación inercial (INS) basadas en sistemas micro electromecánicos (MEMS) padecen de grandes errores de deriva con el aumento del tiempo. Este problema puede resolverse parcialmente mediante una fusión de datos de sensores (Kraft, E.: A quaternion-based unscented kalman filter for orientation tracking. En: Proceedings on the 6th International Conference of Information Fusion, Cairns, Queensland, Australia (2003)).

El documento US 4.219.821 A muestra un sistema automático de búsqueda de la dirección. El sistema automático de búsqueda de la dirección incluye una matriz de antenas de búsqueda de la dirección que se conecta a un receptor de radio para procesar una señal de salida de audio que ilumina selectivamente un segmento de una pantalla direccional visual circular segmentada que indica la dirección desde la que llega la señal recibida.

5 El documento IE 912 391 A1 desvela un sistema de búsqueda de la dirección de radio. El sistema comprende una matriz de antenas fijas que consiste en una pluralidad de antenas dispuestas en orientaciones predeterminadas entre sí. Adicionalmente, el sistema comprende circuitos de muestreo y mantenimiento para el muestreo y almacenamiento de señales que representan las magnitudes del voltaje inducido en cada antena respectiva por al menos una onda de radio. Además, el sistema comprende un procesador de señales que utiliza las señales almacenadas y los datos de respuesta de la antena para cada antena para determinar una orientación de un frente de onda de la al menos una onda de radio.

10 El documento US 2007/0222685 A1 muestra una arquitectura de antena y un dispositivo de seguimiento inalámbrico que usa la misma. La arquitectura de antena comprende una base y una pluralidad de micro-antenas. La base comprende una pluralidad de reflectores dispuestos adyacentes a los bordes de la base. La pluralidad de micro-antenas se dispone sobre la base adyacente a la pluralidad correspondiente de reflectores respectivamente para la recepción de señales de comunicación inalámbricas dentro de un área designada. El dispositivo de seguimiento inalámbrico comprende la arquitectura de antena, un convertidor, un módulo receptor inalámbrico y un procesador. El convertidor se conecta a las micro-antenas para procesamiento de las señales recibidas. El módulo receptor inalámbrico se conecta al convertidor para la conversión de las señales de comunicación inalámbrica recibidas en datos digitales. El procesador se conecta al módulo receptor inalámbrico para la generación de datos de posición correspondientes a las señales de comunicación inalámbricas de acuerdo con los datos digitales.

20 El documento EP 0 002 076 A1 muestra un aparato de búsqueda de dirección. El aparato de búsqueda de dirección comprende un elemento receptor omnidireccional, una matriz de elementos receptores direccionales, dos detectores de registro de video adecuados para separar la conexión a dos elementos contiguos de la matriz y un circuito de sustracción para la generación de una señal que contiene los datos de azimut de un transmisor de frecuencia de radio.

30 El documento GB 2 243 041 A desvela un sistema de búsqueda de dirección. El sistema comprende un conjunto de antenas direccionales dispuestas alrededor de un eje común, un receptor conectado a cada antena para la deducción de una señal de frecuencia de radio a partir de una señal incidente sobre su antena, y un selector conectado al receptor para la selección de al menos la mayor de las señales de frecuencia de radio como la señal para análisis posterior.

35 Por lo tanto, es el objetivo de la presente invención proporcionar un concepto mejorado para la determinación de una orientación de un dispositivo.

Este objetivo se resuelve mediante un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, un método para la operación de un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12 y un programa informático de acuerdo con la reivindicación 13.

40 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un dispositivo móvil que comprende un receptor y un determinador de la orientación. El receptor comprende una pluralidad de antenas para la recepción de la señal desde un transmisor fijo. Cada antena de la pluralidad de antenas se dispone para tener una dirección de recepción diferente. El receptor se configura para detectar una intensidad de señal de la señal recibida con cada antena para tener una pluralidad de intensidades de señal detectadas. El determinador de la orientación se configura para determinar una orientación del dispositivo móvil con relación al transmisor fijo en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas.

50 De acuerdo con el concepto de la presente invención, la señal del transmisor fijo se recibe con la pluralidad de antenas. Dado que la pluralidad de antenas se dispone para tener diferentes direcciones de recepción, cada antena de la pluralidad de antenas recibe la señal con una intensidad de señal característica o diferente que se puede medir o detectar por el receptor. De ahí, puede determinarse la orientación del dispositivo móvil con relación al transmisor por el determinador de la orientación en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas.

55 Las realizaciones de la presente invención se describen en el presente documento haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig. 1 muestra una representación de un área geográfica que indica posiciones de la huella y el número de puntos de acceso detectados en cada posición;

60 La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo móvil de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques del dispositivo móvil de la Fig. 2 en un entorno con al menos tres transmisores fijos de acuerdo con una realización de la presente invención;

- La Fig. 4 muestra una vista ilustrativa de un proceso de estimación de la orientación y posición iterativo usando mediciones RSS detectadas con una disposición de antena 106 que comprende cuatro antenas direccionales;
- 5 La Fig. 5a muestra una vista ilustrativa de la orientación de las cuatro antenas con relación a un transmisor fijo de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La Fig. 5b muestra un diagrama polar de las ganancias de antena medidas y simuladas de las cuatro antenas mostradas en la Fig. 5a;
- 10 La Fig. 6a muestra una disposición de un área simulada con cuatro puntos de acceso (puntos grises), un trayecto de referencia con orientaciones (flechas grises) y resultados a partir de posicionamiento Wi-Fi estándar (círculos);
- 15 La Fig. 6b muestra una disposición de un área simulada con cuatro puntos de acceso (puntos grises), un trayecto de referencia con orientaciones (flechas grises) y resultados usando el seguimiento de orientación y posición (flechas negras) de acuerdo con el concepto de la presente invención;
- La Fig. 7a muestra un diagrama del error de orientación absoluto en función de las variaciones RSS omnidireccionales;
- 20 La Fig. 7b muestra un diagrama del error de posicionamiento en función de las variaciones RSS omnidireccionales;
- 25 La Fig. 7c muestra un diagrama del error de orientación absoluto en función de las variaciones RSS direccionales;
- La Fig. 7d muestra un diagrama del error de posicionamiento en función de las variaciones RSS direccionales;
- 30 La Fig. 8a muestra una disposición de una estancia con cuatro puntos de acceso (puntos grises), un trayecto de referencia con orientaciones (flechas grises) y resultados experimentales a partir del posicionamiento Wi-Fi estándar (círculos);
- La Fig. 8b muestra una disposición de una estancia con cuatro puntos de acceso (puntos grises), un trayecto de referencia con orientaciones (flechas grises) y estimación experimental de la orientación y posición (flechas negras) de acuerdo con el concepto de la presente invención;
- 35 La Fig. 9a muestra un diagrama del error de orientación de la estimación experimental de la orientación mostrada en la Fig. 8b en función del número de mediciones;
- 40 La Fig. 9b muestra un diagrama del error de posicionamiento de la estimación experimental de la posición mostrada en la Fig. 8b en función del número de mediciones.

45 Elementos iguales o equivalentes o elementos con funcionalidad igual o equivalente se indican en la descripción a continuación mediante números de referencia iguales o equivalentes.

En la siguiente descripción, se exponen una pluralidad de detalles para proporcionar una explicación más global de las realizaciones de la presente invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que las realizaciones de la presente invención pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se muestran estructuras y dispositivos bien conocidos en la forma de diagramas de bloque en lugar de en detalle para evitar el oscurecimiento de las realizaciones de la presente invención. Además, las características de las diferentes realizaciones descritas en el presente documento a continuación pueden combinarse entre sí, a menos que específicamente se haga notar lo contrario.

55 La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo móvil 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. El dispositivo móvil 100 comprende un receptor 102 y un determinador de la orientación 104. El receptor 102 comprende una pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n para la recepción de una señal 108 a partir de un transmisor fijo 110. Cada antena de la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n se dispone para tener una dirección de recepción diferente. El receptor 102 se configura para detectar una intensidad de señal de la señal 108 recibida con cada antena de la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n para obtener una pluralidad de intensidades de señal detectada. El determinador de la orientación 104 se configura para determinar una orientación 112 del dispositivo 60 100 con relación al transmisor fijo 110 en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas.

De acuerdo con el concepto de la presente invención, la señal 108 del transmisor fijo 110 se recibe con la pluralidad

de antenas 106\_1 a 106\_n. Dado que la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n se dispone para tener direcciones de rotación diferente, cada antena de la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n recibe la señal 108 con una intensidad de señal característica o diferente que se puede medir o detectar por el receptor 102 del dispositivo móvil 100. Por ello, puede determinarse la orientación del dispositivo móvil 100 con relación al transmisor 110 mediante el determinador de la orientación 104 en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas.

En realizaciones, el receptor 102 del dispositivo móvil 100 puede comprender hasta n antenas 106\_1 a 106\_n en donde n es un número natural mayor que o igual a dos ( $n \geq 2$ ). Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 2, el receptor 102 puede comprender dos antenas 106\_1 y 106\_n ( $n = 2$ ). Más aún, en la Fig. 2 se indica que el receptor 102 del dispositivo móvil 100 puede comprender también tres antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 3$ ).

Como se muestra en la Fig. 2, la orientación 112 del dispositivo móvil 100 puede indicarse mediante una flecha con finalidades de ilustración. Además, la orientación relativa entre el dispositivo móvil 100 y el transmisor fijo 110 puede describirse por un ángulo  $\varphi_{tr}$  tal como se indica en la Fig. 2.

En realizaciones, la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n puede disponerse de modo que las direcciones de recepción de la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n caigan en un plano. Por ejemplo, el plano único puede disponerse de modo que el plano único esté alineado con o paralelo a una dirección de transmisión principal de una antena del transmisor 110.

Adicionalmente, el plano único puede disponerse paralelo a una superficie principal del dispositivo móvil 100 que esté dirigida en una operación normal hacia un usuario del dispositivo móvil 100. Por ejemplo, el dispositivo móvil 100 puede comprender una pantalla para la visualización de la orientación (actual) del dispositivo móvil 100. De ese modo, el usuario mantendrá normalmente el dispositivo móvil 100 de modo que la pantalla sea visible para él. Por ello, la superficie principal del dispositivo móvil 100 puede ser la superficie que comprende la pantalla o la pantalla en sí. Alternativamente, el plano único se puede disponer de modo que el plano único se alinee horizontalmente (perpendicular a un vector gravitacional) o casi horizontalmente en operación normal, por ejemplo cuando el usuario mantiene el dispositivo móvil 100 para la determinación de la orientación.

Más aún, el determinador de la orientación 104 puede configurarse para determinar la orientación 112 del dispositivo móvil 100 de modo que la orientación 112 del dispositivo móvil 100 sea una orientación horizontal del dispositivo móvil 100 perpendicular a un vector gravitacional de la tierra.

Naturalmente, el receptor 102 que comprende la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n puede configurarse para recibir i señal(es) a partir de i transmisor(es) fijo(s), en donde i es un número natural mayor que o igual a uno ( $i \geq 1$ ). Por lo tanto, en lo que sigue, se describe la funcionalidad del dispositivo móvil 100 por ejemplo en un entorno con al menos tres transmisores fijos.

La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques del dispositivo móvil 100 mostrado en la Fig. 2 en un entorno con al menos tres transmisores 110\_1 a 110\_i ( $n = 3$ ) de acuerdo con una realización de la presente invención. El receptor 102 que comprende la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n se configura para recibir al menos tres señales 108\_1 a 108\_i ( $i = 3$ ) desde al menos tres transmisores fijos 110\_1 a 110\_i ( $i = 3$ ). El receptor 102 se configura para detectar una intensidad de señal de las al menos tres señales 108\_1 a 108\_i ( $i = 3$ ) con cada antena de la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n para obtener una pluralidad de intensidades de señal para cada señal de las al menos tres señales 108\_1 a 108\_i ( $i = 3$ ). De ese modo, el determinador de la orientación 104 se configura para determinar la orientación 112 del dispositivo móvil 100 con relación a los al menos tres transmisores fijos 110\_1 a 110\_i ( $i = 3$ ) en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas para cada señal de las al menos tres señales 108\_1 a 108\_i ( $i = 3$ ).

Como se muestra en la Fig. 3, el receptor 102 del dispositivo móvil 100 puede comprender cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ), en donde las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) se pueden disponer de modo que las direcciones de recepción de las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) sean ortogonales entre sí. Adicionalmente, las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) se pueden disponer de modo que las direcciones de recepción de las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) reposen en un plano como ya se ha descrito anteriormente.

Por lo tanto, el receptor 102 que comprende las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) mostrado en la Fig. 3 detectará una intensidad de señal con cada una de las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) para cada señal de las al menos tres señales 108\_1 a 108\_i ( $i = 3$ ) recibidas desde al menos tres transmisores fijos 110\_1 a 110\_i ( $i = 3$ ). En otras palabras, el receptor 102 del dispositivo móvil 100 mostrado en la Fig. 3 detectará cuatro intensidades de señal de la señal 108\_1 recibida desde el transmisor fijo 110\_1, cuatro intensidades de señal de la señal 108\_2 recibida desde el transmisor 110\_2 y cuatro intensidades de señal de la señal 108\_3 recibida desde el transmisor fijo 110\_3.

Los al menos tres transmisores 110\_1 a 110\_i ( $i = 3$ ) mostrados en la Fig. 3 pueden ser transceptores, tales como

puntos de acceso Wi-Fi. Por ello, el receptor 102 que comprende la pluralidad de antenas 106\_1 a 106\_n (n = 4) se puede configurar para recibir las al menos tres señales 108\_1 a 108\_i (i = 3) desde al menos tres transmisores fijos 110\_1 a 110\_i (i = 3) de modo que los al menos tres transmisores fijos 110\_1 a 110\_i (i = 3) sean puntos de acceso Wi-Fi. En las realizaciones, Wi-Fi se refiere a una red de área local inalámbrica de acuerdo con la especificación IEEE 802.11, tal como 802.11a, 802.11b, 802.11c, 802.11d, 802.11e, 802.11f, 802.11g, 802.11h, 802.11i, 802.11j, 802.11n y otras similares.

Más aún, el dispositivo móvil 100 puede comprender adicionalmente un determinador de la posición 114 configurado para determinar la posición del dispositivo móvil 100 con relación a los al menos tres puntos de acceso Wi-Fi 110\_1 a 110\_i (i = 3) en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas para cada señal de las al menos tres señales 108\_1 a 108\_i (i = 3).

En lo que sigue, se describen ejemplos de implementación del dispositivo móvil 100 mostrado en la Fig. 3 que comprende el receptor 102 con las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n (n = 4), el determinador de la orientación 104 y el determinador de la posición 114. O en otras palabras, en lo que sigue, se presenta el enfoque para la estimación de la orientación interior (orientación o rumbo) y posición de acuerdo con el concepto de la presente invención. De ese modo, no se usan sensores adicionales, solo una disposición de antena 106 especial. Naturalmente, la descripción siguiente es aplicable también al dispositivo móvil 100 mostrado en la Fig. 2.

La Fig. 4 muestra una vista ilustrativa de un proceso iterativo de estimación de la orientación y posición usando mediciones RSS de una disposición de antena 106 con cuatro antenas direccionales 106\_1 a 106\_n (n = 4). Las mediciones RSS se recogen simultáneamente con una disposición 106 de cuatro antenas direccionales 106\_1 a 106\_n (n = 4) horizontalmente dirigidas en direcciones ortogonales (direcciones de recepción). De ese modo, las mediciones RSS  $r_t(x, y, \varphi)$  en el momento t dependen de la posición (x, y) y del ángulo de orientación  $\varphi$  de la disposición 106. Usando estas mediciones, se puede estimar una primera orientación de la disposición 106. Segundo, se pueden calcular los valores RSS correspondientes para una antena Wi-Fi omnidireccional estándar. Tercero, se puede estimar la posición usando la huella, como ya se ha descrito anteriormente en la técnica relacionada y/o anterior. Las razones para la elección de la huella Wi-Fi para la determinación de la posición del dispositivo móvil 100 son que la huella se notifica para conseguir una precisión más alta que los métodos basados en el punto de acceso y generalmente las posiciones de los puntos de acceso no son públicas.

El valor de RSS  $P_{Rx}(d, \varphi)$  en dB, recibidos en una distancia d de un transmisor (punto de acceso) 110\_1 a 110\_i y con una orientación  $\varphi$  puede modelizarse como sigue:

$$P_{Rx}(d, \varphi) = P_{Tx}(d_0) - 10 \eta \log \left( \frac{d}{d_0} \right) + G_{Rx}(\varphi) - \sum_{k=1}^K n_k a_k \quad (1)$$

Se obtiene un valor RSS por antena direccional 106\_1 a 106\_n.  $P_{Tx}(d_0)$  es la intensidad de señal de referencia medida a una distancia  $d_0$  del receptor 102. Es seguida por la pérdida de trayecto, en la que  $\eta$  es el exponente de la pérdida de trayecto,  $G_{Rx}(\varphi)$  es la ganancia del antena. El último sustraendo representa k diferentes objetos de sombra en el trayecto de la señal 108. Los objetos se agrupan en  $n_k$  objetos con igual atenuación  $a_k$ . La propagación multi-trayecto no se considera.

La Fig. 5a muestra una vista ilustrativa de la orientación  $\varphi$  de las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n con relación a un transmisor fijo 110 de acuerdo con una realización de la presente invención. Más aún, la fig. 5a muestra un bosquejo de la disposición de antena 106 y los ángulos usados para la antena direccional 106\_n (n = 2), girada con  $\varphi_2 = 90^\circ$  en el sentido de las agujas del reloj con relación a la orientación  $\varphi$  de la disposición de antena 106. El ángulo de incidencia  $\varphi_i$  para una antena 106\_n es el ángulo entre las posiciones del transceptor 110 y el receptor  $\varphi_{tr}$  con relación a la dirección de referencia menos la orientación  $\varphi$  de la disposición de antena 106 y el ángulo de rotación  $\varphi_n$  de la antena direccional 106\_n de la disposición 106 que recibe la señal:

$$\varphi_i = \varphi_{tr} - \varphi - \varphi_n \quad (2)$$

La Fig. 5b muestra un diagrama polar de las ganancias de antena medidas y simuladas de las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n (n = 4) mostradas en la figura Fig. 5a con  $\varphi_n \in [0^\circ \ 90^\circ \ 180^\circ \ 270^\circ]$ . De ese modo, las líneas continuas describen las ganancias de antena medidas y las líneas discontinuas las ganancias de antenas simuladas. En otras palabras, como un ejemplo para la disposición de antena 106, en la Fig. 5b se presenta el diagrama polar de una disposición de antena 106 especial, compacta junto son los resultados de una aproximación de las ganancias de antena. La disposición de antena 106 de acuerdo con el concepto de la presente invención se basa en cuatro antenas de dipolo 106\_1 a 106\_n (n = 4) y cambiadores de fase. Para aproximar las ganancias directivas  $G_{Rx}(\varphi)$  de la disposición 106 a una ecuación polar se puede usar:

$$G_{Rx,n}(\varphi) = 10 \log(A + B \cos(\varphi_{tr} - \varphi - \varphi_n)) \quad (3)$$

A es la parte isotópica y B la parte de dipolo del antena 106\_1 a 106\_n, por ejemplo con A = 1 y B = 0 se obtiene una antena omnidireccional, con A = 0 y B = 1 un dipolo. Para la disposición de antena 106 experimental presentada a continuación, A = 0,44 y B = 0,34 es el mejor ajuste.

Para estimar la orientación  $\varphi$  de la disposición de antena 106 se usan las diferencias de los valores RSS, recogidas por las antenas direccionales 106\_1 a 106\_n, en un filtro de Kalman extendido (EKF). Una introducción al EKF puede encontrarse en Welch, G., Bishop, G.: An introduction to the kalman filter, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, Estados Unidos (1995). La ventaja principal del uso de las diferencias en lugar de los valores absolutos en la ecuación (1) es que la intensidad de la señal de referencia, pérdida de trayecto y atenuación por los objetos en el trayecto directo pueden ignorarse.

$$P_{Rx,1}(d, \varphi) - P_{Rx,2}(d, \varphi) = G_{Rx,1}(\varphi) - G_{Rx,2}(\varphi) \quad (4)$$

Otro efecto positivo es que la sensibilidad se incrementa mediante el uso de las diferencias. El intervalo medible se incrementa desde 17 dB (Fig. 5b) a 34 dB. Esto puede ser importante dado que las tarjetas Wi-Fi comerciales producen valores RSS con un intervalo de muestreo de 1 dB o múltiplos de ese valor.

En la actualización del tiempo para la estimación de la orientación presentada se calcula la estimación a priori de la orientación  $\hat{\varphi}_k^-$ . Se supone que no hay cambio entre dos etapas en el tiempo. La estimación a priori de la covarianza es entonces simplemente la covarianza a posteriori a partir del último paso más la covarianza del ruido del proceso:

$$\hat{\varphi}_k^- = \hat{\varphi}_{k-1} \quad (5)$$

$$P_k^- = P_{k-1} + Q \quad (6)$$

La variable aleatoria  $w_k$  representa el ruido del proceso supuesto con una distribución de probabilidad normal  $p(w) \propto N(0, Q)$ . La ganancia de Kalman  $K_k$  puede calcularse como:

$$K_k = P_k^- H_k^H (H_k P_k^- H_k^H + R_k)^{-1}, \text{ con } H_k = \left. \frac{\partial \mathbf{h}_k(\varphi)}{\partial \varphi} \right|_{\hat{\varphi}_k^-} \quad (7)$$

Mientras que  $R_k$  es la matriz de covarianza del ruido de medición y  $H_k$  se refiere al estado de las mediciones. Al usar las diferencias RSS es necesario considerar las correlaciones entre cada par de diferencias en  $R_k$ . Debido a que  $\mathbf{h}_k$  es una función no lineal, se linealiza mediante el cálculo de la matriz Jacobiana de la derivada de  $\mathbf{h}_k$  en  $\hat{\varphi}_k^-$ . La ecuación de medición no lineal  $\mathbf{h}_k(\varphi)$  comprende seis posibles diferencias RSS. El vector  $\mathbf{v}_k$  representa el ruido de medición supuesto con  $p(\mathbf{v}) \propto N(0, R)$ :

$$\mathbf{h}_k(\varphi) = \begin{bmatrix} G_{Rx,1}(\varphi) - G_{Rx,2}(\varphi) \\ G_{Rx,1}(\varphi) - G_{Rx,3}(\varphi) \\ G_{Rx,1}(\varphi) - G_{Rx,4}(\varphi) \\ G_{Rx,2}(\varphi) - G_{Rx,3}(\varphi) \\ G_{Rx,2}(\varphi) - G_{Rx,4}(\varphi) \\ G_{Rx,3}(\varphi) - G_{Rx,4}(\varphi) \end{bmatrix} + \mathbf{v}_k \quad (8)$$

Finalmente, en la actualización de la medición puede calcularse el estado a posteriori  $\hat{\varphi}_k$  y con varianza  $P_k$  usando las diferencias de las RSS medidas en el vector de medición  $\mathbf{z}_k$ :

$$\hat{\varphi}_k = \hat{\varphi}_{k-1} + K_k (\mathbf{z}_k - \mathbf{h}(\hat{\varphi}_k^-)) \quad (9)$$

$$P_k = P_k^- - K_k H_k P_k^- \quad (10)$$

En la EKF presentada, se realiza un paso de iteración para cada punto de acceso 110\_1 to 110\_i detectado con cada  $\mathbf{r}_t$  medido. De ese modo, se ejecuta más de un paso de iteración por paso del tiempo. En la práctica esto muestra un mejor rendimiento que el uso de todos los puntos de acceso 110\_1 to 110\_i detectados en un paso.

Normalmente, la base de datos de huellas se recoge con antenas Wi-Fi omnidireccionales 106\_1 to 106\_n. Por ello, para poder usar una base de datos de huellas común o conocida, se puede calcular un vector  $r_t$  equivalente para una antena omnidireccional virtual.  $r_{t,i}$  para el punto de acceso  $i$  por la media de los resultados para las cuatro antenas direccionales que usan la orientación estimada  $\varphi$ :

5

$$r_{t,i}(x,y) = \frac{1}{4} \cdot \sum_{n=1}^4 (r_{t,i}(x,y,\varphi_n) - 10 \log(A + B \cos(\varphi_{tr,i} - \varphi - \varphi_n))) \quad (11)$$

Finalmente, se puede calcular la posición  $[x, y]$  usando la huella, como ya se ha descrito anteriormente en la técnica relacionada y/o anterior.

10 En lo que sigue, se comparan los resultados de la simulación de la estimación de la orientación y posición de acuerdo con el concepto de la presente invención con los resultados de la simulación del posicionamiento Wi-Fi estándar. De ese modo, se evalúa el rendimiento del dispositivo móvil 100 y se analizan los errores de posicionamiento cuando los valores RSS medidos varían respecto a las entradas en la base de datos. Para las simulaciones, se usa una base de datos con una rejilla regular con una separación de 1 m.

15

En las Figs. 6a y 6b, se representan el tamaño de la rejilla y las posiciones de los cuatro puntos de acceso 110\_1 a 110\_4. Más aún, se colocan cuatro puntos de acceso adicionales a una distancia de 10 m de separación de los bordes de la habitación simulada. Para construir una base de datos de huellas para cada posición de la rejilla y cada punto de acceso 110\_1 a 110\_i, se calcula  $P_{Rx}(d)$  de acuerdo con la ecuación (1), pero para una antena omnidireccional ( $G_{Rx}(\varphi) = 0$ ).

20

Un trayecto de simulación, tal como se representa en las Figs. 6a y 6b se divide en 45 mediciones RSS  $r_t(x, y, \varphi)$ . Comienza en la posición  $[5, 5]$  llegando hasta  $[5, 25]$  siguiendo las flechas grises. En las esquinas la orientación se gira en saltos de  $90^\circ$  para simular una persona en un museo mirando a diferentes objetos. Finalmente, el trayecto finaliza en la posición de inicio. Para simular mediciones RSS las entradas de la base de datos son perturbadas en dos formas. En primer lugar, se crean variaciones RSS para cada punto de acceso 110\_1 a 110\_i añadiendo ruido aleatorio a las entradas de la base de datos:

25

$$r_{t,i}(x,y) = P_{Rx,i}(d) + v_o, \text{ con } p(v_o) \propto N(0, \sigma_o) \quad (12)$$

30

Estas variaciones RSS  $v_o$  afectan a todas las antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) en la misma forma. Por lo tanto, se puede hacer referencia a estas variaciones RSS  $v_o$  como variaciones RSS omnidireccionales. En realidad estas pueden representar cambios medioambientales. Las variaciones RSS son locales, pero no se han tenido en cuenta las correlaciones locales entre mediciones.

35

En segundo lugar, se simulan las variaciones RSS direccionales añadiendo ruido aleatorio desde cuatro direcciones  $\varphi_d$ , las cuatro direcciones de antena (direcciones de recepción) por simplicidad. Las variaciones de RSS direccionales pueden provocarse por pequeños cambios medioambientales, que afectan solo a una parte de los trayectos de propagación de la señal. Para una antena omnidireccional estas superposiciones aditivas de las cuatro variaciones direccionales:

40

$$r_{t,i}(x,y) = P_{Rx,i}(d) + \sum_{n=1}^4 v_{d,n}, \text{ con } p(v_{d,n}) \propto N(0, \sigma_d) \quad (13)$$

Para cada antena 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) direccional se calculan las variaciones RSS añadiendo ruido directivo, modelizado usando la ecuación (3):

45

$$r_{t,i}(x,y,\varphi) = P_{Rx,i}(d,\varphi) + (A + B \cos(\varphi_d - \varphi - \varphi_n)) v_{d,n} \quad (14)$$

En la Fig. 6a se presentan los resultados de una ejecución de simulación para posicionamiento Wi-Fi estándar (círculos) usando una antena omnidireccional junto con el trayecto de referencia y las orientaciones de referencia (flechas grises). Como se muestra en la Fig. 6a, los resultados de posicionamiento se distribuyen alrededor del recorrido. En la Fig. 6b, se presentan los resultados para el nuevo seguimiento de orientación y posición (flechas negras) usando la disposición 106 con las cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) direccionales y  $\sigma_o = 1$  dB y  $\sigma_d = 1$  dB.

50

Para obtener resultados más generales cuando se aplican variaciones RSS estocásticas, el procesamiento del trayecto se puede repetir 20 veces con los mismos valores de  $\sigma_o$  o  $\sigma_d$ . Las influencias de  $\sigma_o$  y  $\sigma_d$  se estudian por separado, el otro parámetro se fija en cero.

En la Fig. 7a se presentan los resultados de la estimación de orientación para varios  $\sigma_o$  y en la Fig. 7c para varios  $\sigma_d$ .

60

Los resultados de posicionamiento correspondientes se muestran en la Fig. 7b y la Fig. 7d junto con los resultados de posicionamiento del posicionamiento Wi-Fi estándar, con la finalidad de comparación.

5 Para varios  $\sigma_o$  los resultados de posicionamiento son casi los mismos y el error de la orientación es bastante pequeño. El error de la orientación se incrementa con el  $\sigma_o$  más alto, debido a que el error cuando se calcula el ángulo entre el transceptor y la posición del receptor  $\varphi_{tr}$  se incrementa con el incremento de los errores de posicionamiento.

10 Por otro lado, con las variaciones RSS direccionales  $\sigma_d$  en las Figs. 7c y 7d los errores de estimación de la orientación son más altos: 95% de todos los errores permanecen por debajo de  $30^\circ$ . De ese modo, las variaciones RSS direccionales tienen un impacto mayor sobre la estimación de la orientación.

15 Por otro lado, los errores de posicionamiento con el enfoque novedoso son casi la mitad de la huella estándar. La razón es que, los valores RSS omnidireccionales desde la ecuación (11) son más precisos, debido a que los valores RSS medidos de las antenas direccionales 106\_1 a 106\_n no son afectados de la misma manera por el ruido direccional. De ese modo, el EKF filtra las mediciones y estima un buen candidato de orientación. Por ello, el enfoque presentado para la estimación de la orientación y posición es más robusto frente a variaciones RSS direccionales.

20 En lo que sigue, se presentan resultados experimentales de estimación de orientación y posición con el dispositivo móvil 100 de acuerdo con el concepto de la presente invención. En otras palabras, a continuación, se presenta una prueba del concepto inventivo con datos reales. Los datos han sido recogidos en el "Museum Industriekultur" en Núremberg. Los resultados de las simulaciones anteriormente presentadas se comparan con los resultados de la disposición experimental. Las mediciones RSS se han recogido con una antena omnidireccional y una direccional en 25 45 posiciones en una habitación para presentaciones especiales en el museo.

Dado que la disposición de antena especial con cuatro antenas 106\_1 a 106\_n ( $n = 4$ ) direccionales tal como se muestra en las Figs. 3, 4 y 5a no está aún preparada para transmisión Wi-Fi se usó una antena direccional comercial (antena plana PA-2408A: antena de 2,4 GHz wavelan 8dbi, WiMo Antennen und Elektronik GmbH. <http://www.wimo.com>). Se giró manualmente en cada posición de medición. En primer lugar, se recogieron los datos para la base de datos de huellas en cada posición con la antena omnidireccional. En segundo lugar, se realizaron las mediciones RSS en 33 posiciones de un trayecto tal como se representa en las Figs. 8a y 8b con ambas antenas. De ese modo, se usaron las mediciones omnidireccionales para posicionamiento Wi-Fi estándar. En la Fig. 8a se muestran los resultados de posicionamiento usando huellas Wi-Fi estándar. Debido a la disposición del ensayo en una única habitación sin muchos objetos de sombra, un área más exigente para posicionamiento Wi-Fi, el error de posicionamiento es más alto que en la Fig. 6a de las simulaciones. Se usaron las mediciones RSS de las antenas 106\_1 a 106\_n direccionales para ensayar la estimación de orientación con el EKF. Los resultados de la estimación de orientación de una ejecución se representan en la Fig. 8b. Los errores de orientación y posicionamiento correspondientes se presentan en las Figs. 9a y 9b, respectivamente. De ese modo, la Fig. 9a muestra los errores de orientación absolutos (*líneas continuas*) y errores de orientación absolutos medios (*líneas de puntos*) en grados para dos ejecuciones de medición usando el EKF, donde la Fig. 9b muestra los errores de posicionamiento correspondientes (*línea continua*) y el error de posicionamiento medio (*línea de puntos*) usando posicionamiento Wi-Fi estándar.

45 Tómese nota de que las estimaciones de orientación y posición se han ensayado por separado. Para la estimación de orientación, se usaron las posiciones de referencia en lugar de las posiciones estimadas para calcular  $\varphi_{tr}$ . De ese modo, las flechas que representan la orientación en la Fig. 8b están en las posiciones de referencia.

50 En este primer ensayo con una disposición experimental los errores de orientación absolutos fueron menores de  $50^\circ$  con valores medios menores de  $20^\circ$ . Esto es suficientemente prometedor para que un visitante de un museo encuentre la exposición fácilmente. Los errores de posicionamiento Wi-Fi son típicos para entornos interiores con un error medio de 2,3 m.

55 Las realizaciones de la presente invención expanden el estado de la técnica de posicionamiento Wi-Fi en entornos interiores. Las mediciones RSS se recogen simultáneamente con cuatro antenas 106\_1 a 106\_n direccionales en una disposición de antena 106 especial. Se puede usar un filtro de Kalman extendido para una estimación robusta de la orientación. Para posicionamiento, se puede usar la huella Wi-Fi estándar con bases de datos de huellas existentes.

60 Los resultados de la simulación demuestran que con el enfoque novedoso la precisión del posicionamiento puede mejorarse en presencia de variaciones RSS direccionales. Esto conduce a una mayor robustez en el seguimiento de la posición. El valor medio de los errores de orientación absolutos permaneció por debajo de  $10^\circ$  y los errores de posicionamiento por debajo de 5 m incluso con variaciones RSS grandes. Los ensayos en un museo probaron la viabilidad del concepto de acuerdo con la presente invención. La media de los errores de orientación absolutos

permaneció por debajo de 20° en este caso.

El enfoque presentado para seguimiento de orientación y posición en entornos interiores se dirige a la automatización de guías de museo electrónicas. Adicionalmente, el enfoque de acuerdo con la presente invención puede combinarse con modelos de movimiento existentes y conceptos probabilísticos para navegación peatonal, usando por ejemplo modelos de Markov ocultos, para incrementar la precisión del seguimiento de la orientación y posición.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un enfoque para navegación peatonal en entornos interiores. Se dirige a plataformas móviles con baja capacidad de procesamiento y sensores de bajo coste. De ese modo, se pueden usar cuatro antenas 106\_1 a 106\_n (n = 4) direccionales dispuestas horizontalmente para recoger las intensidades de la señal Wi-Fi de transmisores (puntos de acceso) 110\_1 a 110\_i en el alcance. Para la estimación de la orientación se puede usar un filtro de Kalman extendido, y para el seguimiento de la posición la huella Wi-Fi. Con este enfoque puede estimarse la orientación de un dispositivo móvil 100 y se puede seguir la posición en entornos interiores como por ejemplo museos. Esto permite el uso de guías electrónicas que ofrecen información adicional por medio de la realidad aumentada en exhibiciones en el alcance visual.

Las realizaciones de acuerdo con la invención crean una estimación simultánea de la orientación y la posición usando mediciones de intensidad de la señal en redes de comunicación inalámbricas y antenas 106\_1 a 106\_n direccionales.

Las realizaciones de acuerdo con la invención crean una estimación de la orientación y posición en base a la intensidad de la señal.

En algunas realizaciones, las intensidades de la señal de señales 108\_1 a 108\_i desde múltiples transmisores 110\_1 a 110\_i de una red de comunicación inalámbrica se miden tan simultáneamente (o tan contemporáneamente) como sea posible usando antenas 106\_1 a 106\_n direccionales en el receptor 102. Alternativamente, las señales de un transmisor respectivo pueden registrarse (o recibirse) mediante múltiples receptores usando antenas direccionales. Con ello, se estiman simultáneamente la orientación y la posición del receptor. Los siguientes apartados de información colateral soportan el método y mejoran su calidad: posiciones de algunos socios de comunicación fijos, características direccionales y disposición de las antenas direccionales.

Algunas realizaciones de acuerdo con la invención pueden usarse en el posicionamiento de la red de área local inalámbrica (posicionamiento WLAN).

Realizaciones adicionales de la presente invención proporcionan un método para la operación de un dispositivo móvil, el método comprende las etapas de recepción de una señal desde un transmisor fijo con un receptor que comprende una pluralidad de antenas, en el que cada antena de la pluralidad de antenas se dispone para tener una dirección de recepción diferente; detección de una intensidad de señal de la señal recibida con cada antena para obtener una pluralidad de intensidades de señales detectadas; y determinación de una orientación del dispositivo móvil con relación al transmisor fijo en base a la pluralidad de intensidades de señales detectadas.

Naturalmente, el concepto anteriormente descrito para la determinación de la orientación de un dispositivo móvil 100 se puede usar también para la determinación de una orientación de un dispositivo fijo con relación a un transmisor fijo y/o móvil.

Por lo tanto, realizaciones adicionales de la presente invención proporcionan un dispositivo fijo que comprende un receptor y un determinador de la orientación. El receptor comprende una pluralidad de antenas para la recepción de la señal desde un transmisor (por ejemplo transmisor fijo y/o móvil), en el que cada antena de la pluralidad de antenas se dispone para tener una dirección de recepción diferente, y el que el receptor se configura para detectar una intensidad de señal de la señal recibida con cada antena para tener una pluralidad de intensidades de señales detectadas. El determinador de la orientación se configura para determinar una orientación del dispositivo fijo con relación al transmisor en base a la pluralidad de intensidades de señales detectadas.

Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es claro que estos aspectos también representan una descripción del método correspondiente, en el que un bloque o dispositivo corresponde a una etapa de un método o una característica de una etapa de un método. De modo análogo, aspectos descritos en el contexto de una etapa de un método también representan una descripción de un bloque o apartado o característica correspondiente de un aparato correspondiente.

Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención se pueden implementar en hardware o software. La implementación se puede realizar usando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disco flexible, un DVD, un Blue-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, que tiene señales de control legibles electrónicamente almacenadas en ellos, que cooperan (o tienen

capacidad de cooperar) con un sistema de ordenador programable de modo que se realice el método respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

5 Algunas realizaciones de acuerdo con la invención comprenden un portador de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente, que sean capaces de cooperar con un sistema de ordenador programable, de modo que se realice uno de los métodos descritos en el presente documento.

10 Generalmente, las realizaciones de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programación, siendo operativo el código de programación para la realización de uno de los métodos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programación puede por ejemplo almacenarse en un portador legible por una máquina.

15 Otras realizaciones comprenden el programa informático para la realización de uno de los métodos descritos en el presente documento, almacenados en un portador legible por una máquina.  
En otras palabras, una realización del método inventivo es, por lo tanto, un programa informático que tenga un código de programación para la realización de uno de los métodos descritos en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

20 Una realización adicional del método inventivo es, por lo tanto, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, registrado en él, el programa informático para la realización de uno de los métodos descritos en el presente documento.

25 Una realización adicional del método inventivo es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para la realización de uno de los métodos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales pueden configurarse por ejemplo para transferirse a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo a través de Internet.

30 Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento.

Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en él el programa de ordenador para la realización de uno de los métodos descritos en el presente documento.

35 En algunas realizaciones, se puede usar un dispositivo lógico programable (por ejemplo una matriz de puertas programable en campo) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los métodos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, una matriz de puertas programable en campo puede cooperar con un microprocesador para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento. En general, los métodos se realizan preferiblemente mediante cualquier aparato de hardware.

40 Las realizaciones descritas anteriormente son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que serán evidentes para los expertos en la materia modificaciones y variaciones a las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento. Es la intención, por lo tanto, de limitarse solamente por el alcance de las reivindicaciones de patente a continuación y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las realizaciones del presente documento.

45

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (100), que comprende:

- 5 un receptor 102 que comprende una pluralidad de antenas (106\_1 a 106\_n) para la recepción de al menos tres señales (108\_1 a 108\_i) desde al menos tres puntos de acceso Wi-Fi (110\_1 a 110\_i), en el que cada antena de la pluralidad de antenas (106\_1 a 106\_n) se dispone para tener una dirección de recepción diferente, y en el que el receptor (102) se configura para detectar intensidades de señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i) recibidas con cada antena para obtener una pluralidad de intensidades de señales detectadas para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i);
- 10 un determinador de la orientación (104) configurado para determinar una orientación (112) del dispositivo (100) relativo a los al menos tres puntos de acceso Wi-Fi (110\_1 a 110\_i) en base a la pluralidad de intensidades de señales detectadas para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i) y en base a la base de datos de huellas Wi-Fi; y
- 15 un determinador de la posición (114) configurado para determinar una posición del dispositivo (100) con relación a los al menos tres puntos de acceso Wi-Fi (110\_1 a 110\_i) en base a la pluralidad de intensidades de señales detectadas para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i) y en base a la base de datos de huellas Wi-Fi.
- 20 2. Dispositivo (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el determinador de la posición (114) se configura para convertir la pluralidad de intensidades de señales detectadas para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i) en una intensidad de señal única equivalente para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i), en el que cada pluralidad de intensidades de señal detectada se convierte en una intensidad de señal única equivalente de modo que la intensidad de señal única equivalente corresponde a una intensidad de señal detectada con un receptor (102) que tenga una antena omnidireccional única; y
- 25 en el que el determinador de la posición (114) se configura para determinar la posición del dispositivo (100) en base a las intensidades de señal única equivalente para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i).
- 30 3. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la pluralidad de antenas (106\_1 a 106\_n) se disponen de modo que las direcciones de recepción de la pluralidad de antenas (106\_1 a 106\_n) reposen en un plano.
- 35 4. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el plano único se dispone paralelo a una superficie principal del dispositivo (100) que se dirige en una operación normal hacia un usuario del dispositivo (100).
5. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la pluralidad de antenas (106\_1 a 106\_n) son antenas (106\_1 a 106\_n) direccionales.
- 40 6. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la pluralidad de antenas (106\_1 a 106\_n) son cuatro antenas, en el que las cuatro antenas se disponen de modo que las direcciones de recepción de las cuatro antenas sean ortogonales entre sí.
- 45 7. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el determinador de la orientación (104) se configura para determinar la orientación (112) del dispositivo (100) de modo que la orientación del dispositivo (100) es una orientación horizontal del dispositivo (100) perpendicular a un vector gravitacional de la tierra y/o una orientación vertical del dispositivo (100) paralela al vector gravitacional de la tierra.
- 50 8. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el determinador de la orientación (104) se configura para determinar la orientación (112) del dispositivo (100) en base a las diferencias entre la pluralidad de intensidades de señal detectada.
- 55 9. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el determinador de la orientación (104) se configura para determinar la orientación (112) del dispositivo (100) mediante el uso de un filtro de Kalman extendido.
- 60 10. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 9, en el que el determinador de la posición (114) comprende una memoria que tiene almacenado en ella la base de datos de huellas Wi-Fi, en el que cada entrada de la base de datos de huellas Wi-Fi comprende una posición de referencia y unas intensidades de señal única de referencia para cada señal de las al menos tres señales (108\_1 a 108\_i) en la posición de referencia, en el que el determinador de la posición (114) se configura para determinar la posición del dispositivo (100) en base a una correlación de las intensidades de señal única equivalente con las intensidades de la señal de referencia de la base de datos.

11. Dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo (100) es un dispositivo móvil o un dispositivo fijo.

12. Método para la operación de un dispositivo, comprendiendo el método:

- 5        la recepción de al menos tres señales desde al menos tres puntos de acceso Wi-Fi con un receptor que comprende una pluralidad de antenas, en el que cada antena de la pluralidad de antenas se dispone para tener una dirección de recepción diferente;
- 10        detección de las intensidades de señal de las al menos tres señales recibidas con cada antena para obtener una pluralidad de intensidades de señal detectadas para cada señal de las al menos tres señales;
- 15        determinación de una orientación del dispositivo con relación a los al menos tres puntos de acceso Wi-Fi en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas para cada señal de las al menos tres señales y en base a la base de datos de huellas Wi-Fi; y
- 15        determinación de una posición del dispositivo con relación a los al menos tres puntos de acceso Wi-Fi en base a la pluralidad de intensidades de señal detectadas para cada señal de las al menos tres señales y en base a la base de datos de huellas Wi-Fi.

13. Programa informático que tiene un código de programación para la realización, cuando se ejecuta en un ordenador o microprocesador, de un método de acuerdo con la reivindicación 12.



FIG 1

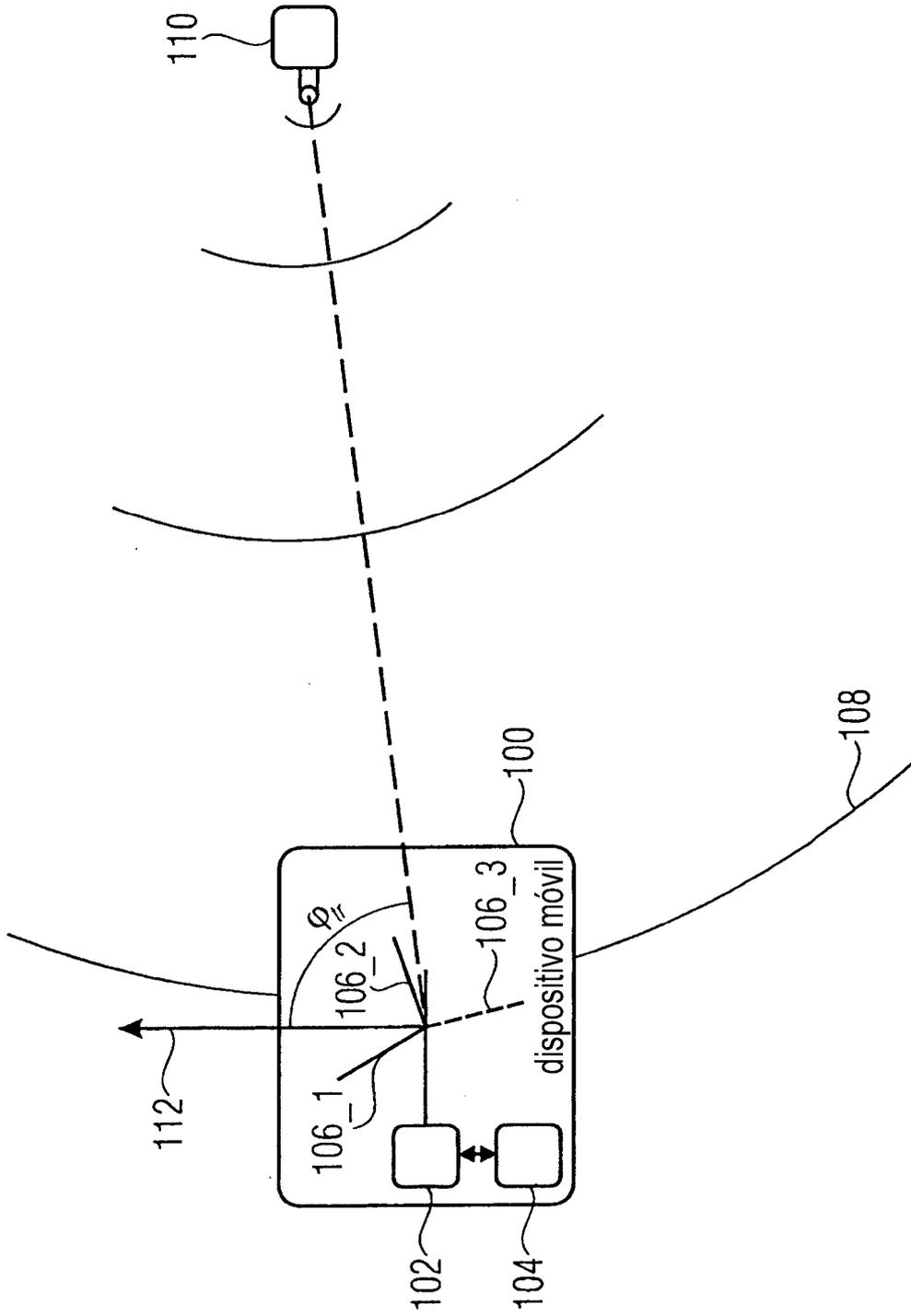


FIG 2

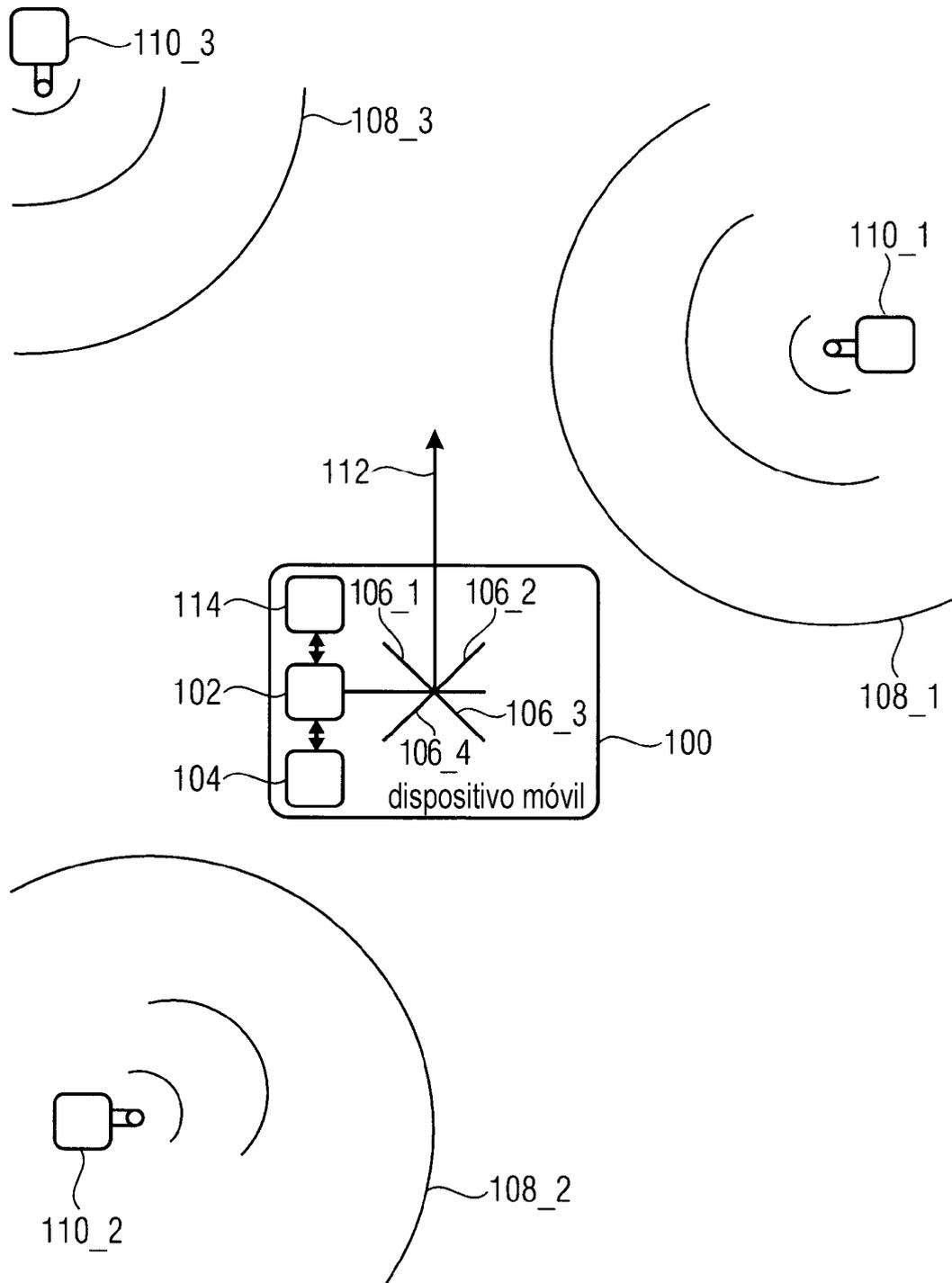


FIG 3

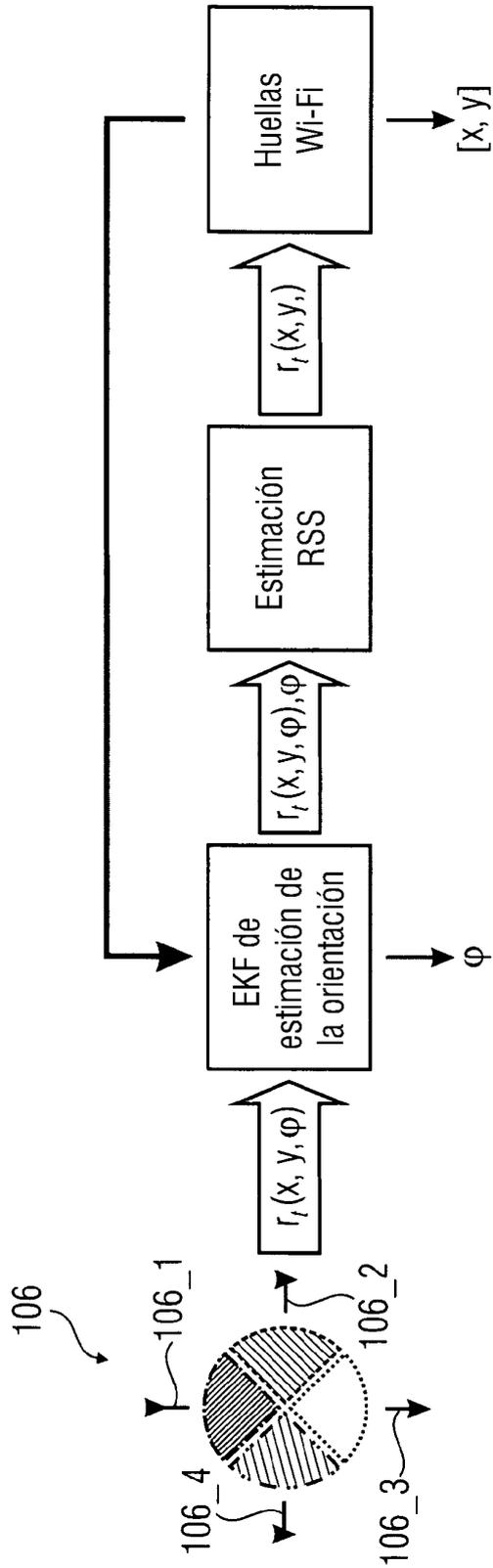


FIG 4

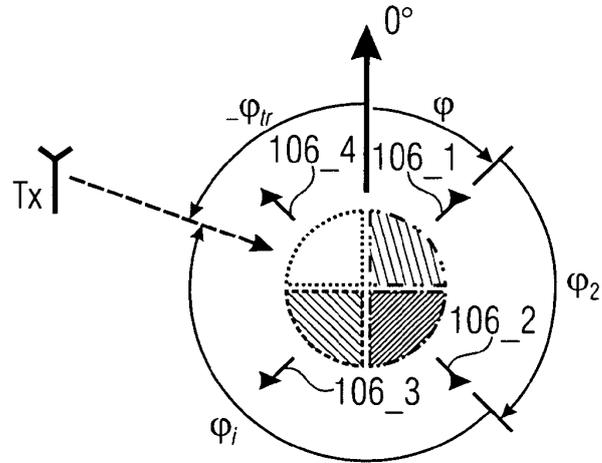


FIG 5A

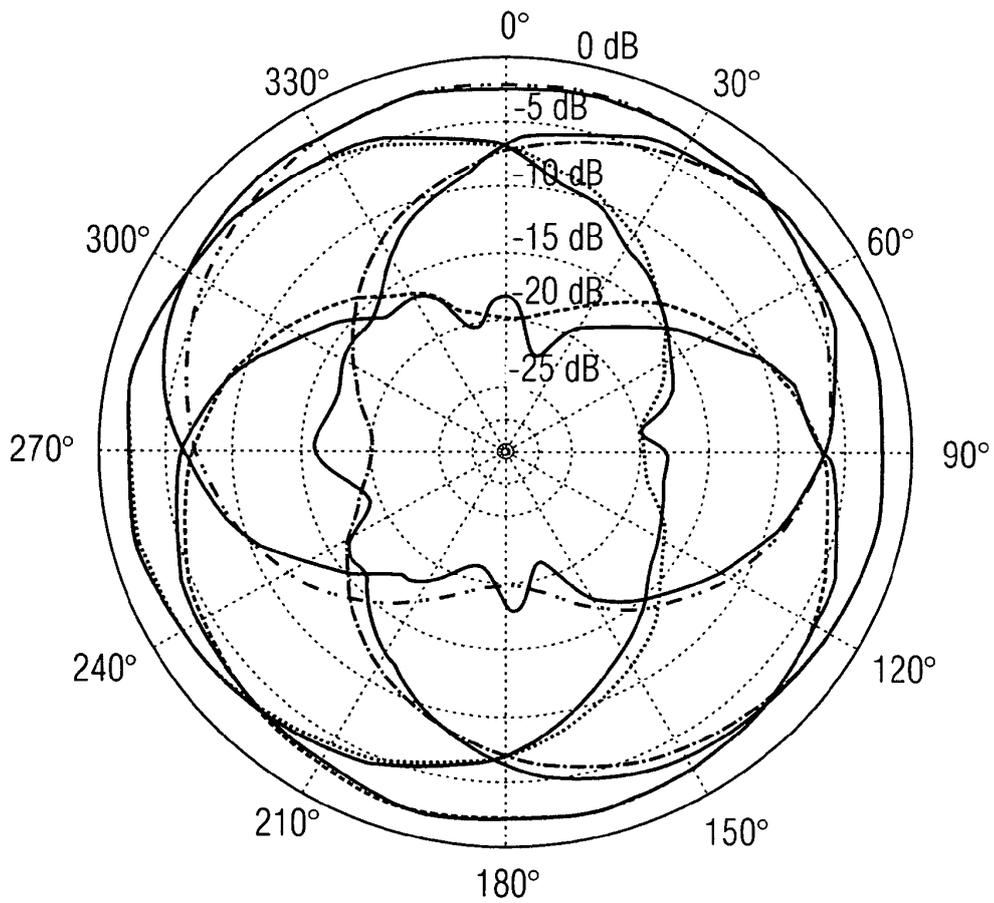


FIG 5B

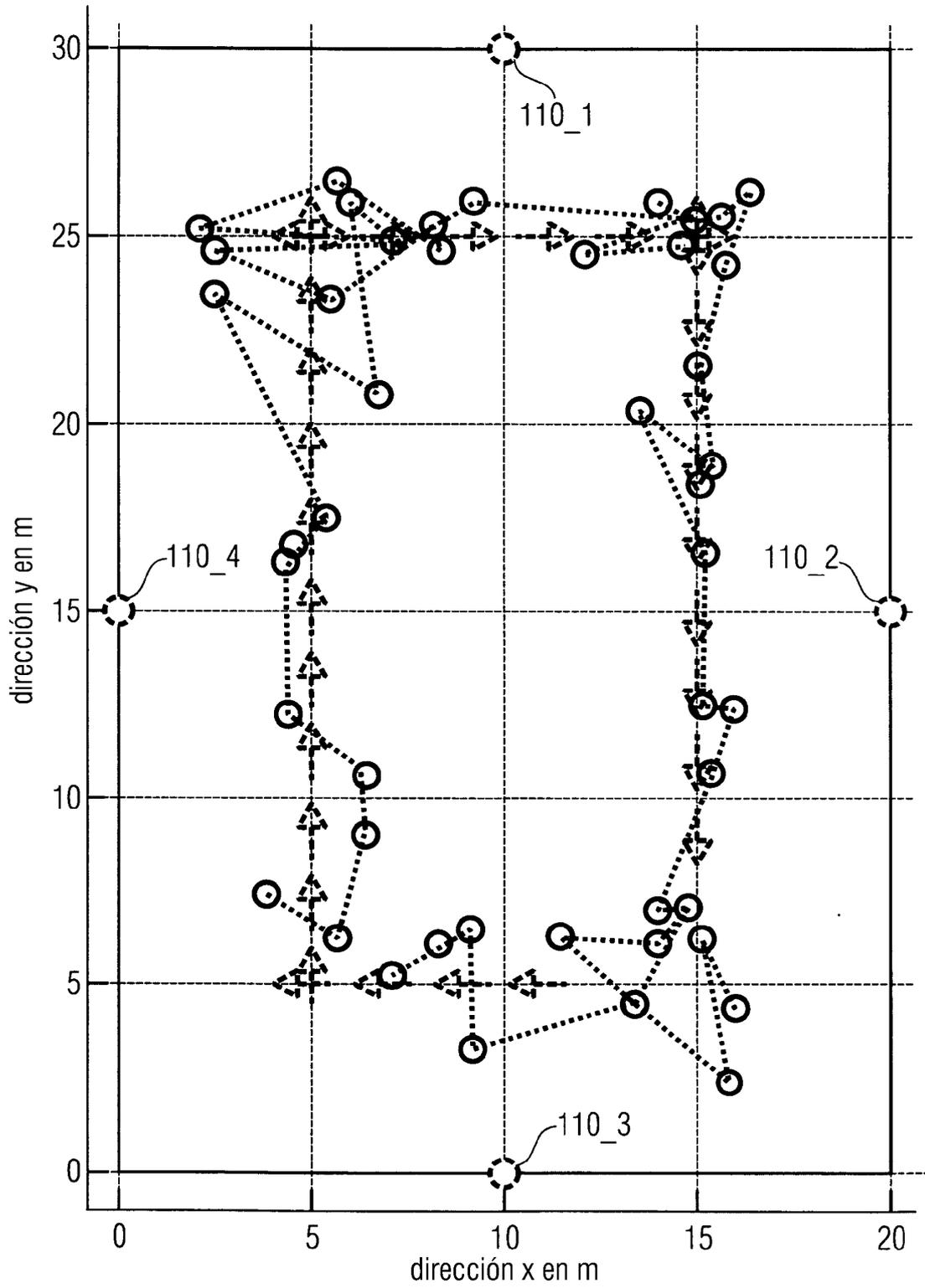


FIG 6A

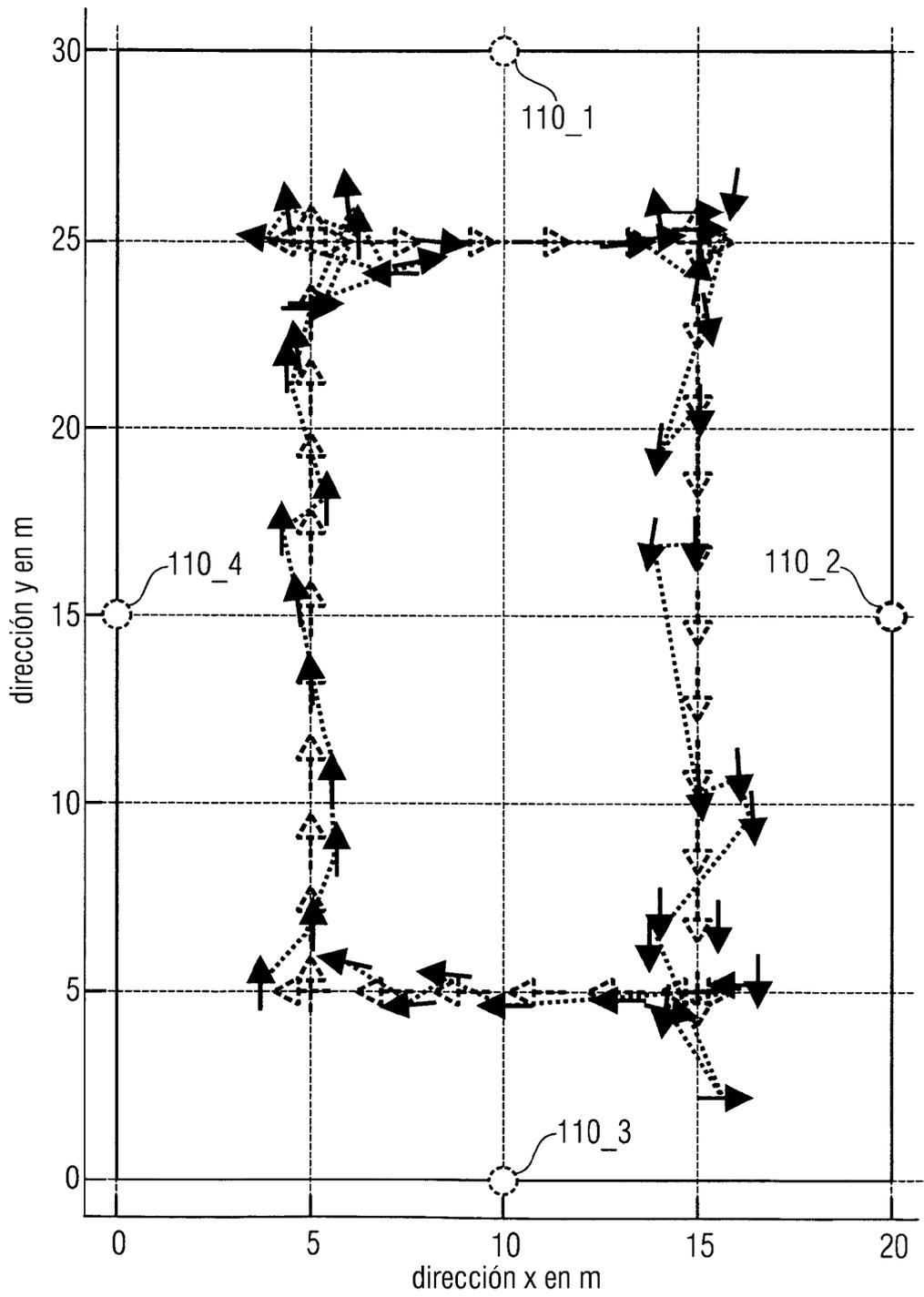


FIG 6B

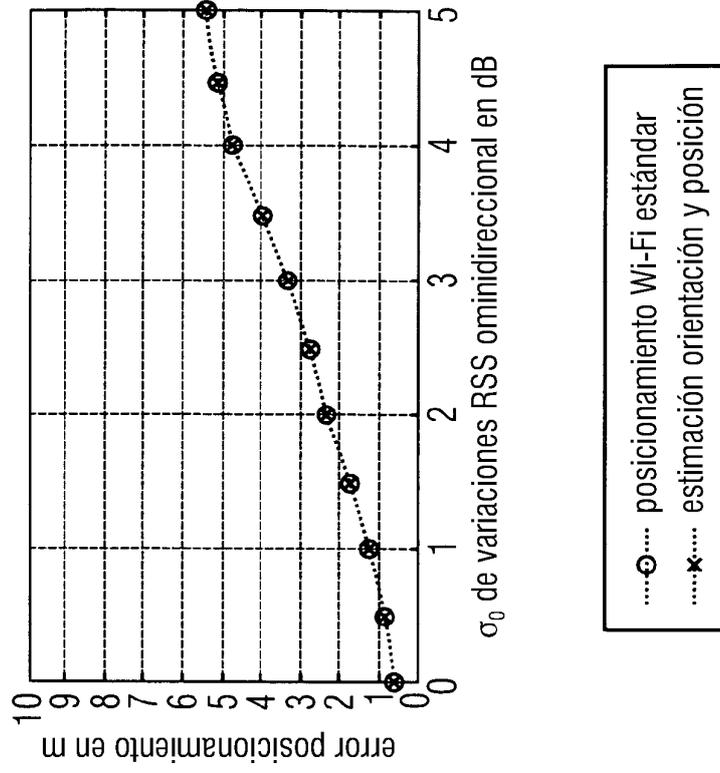


FIG 7B

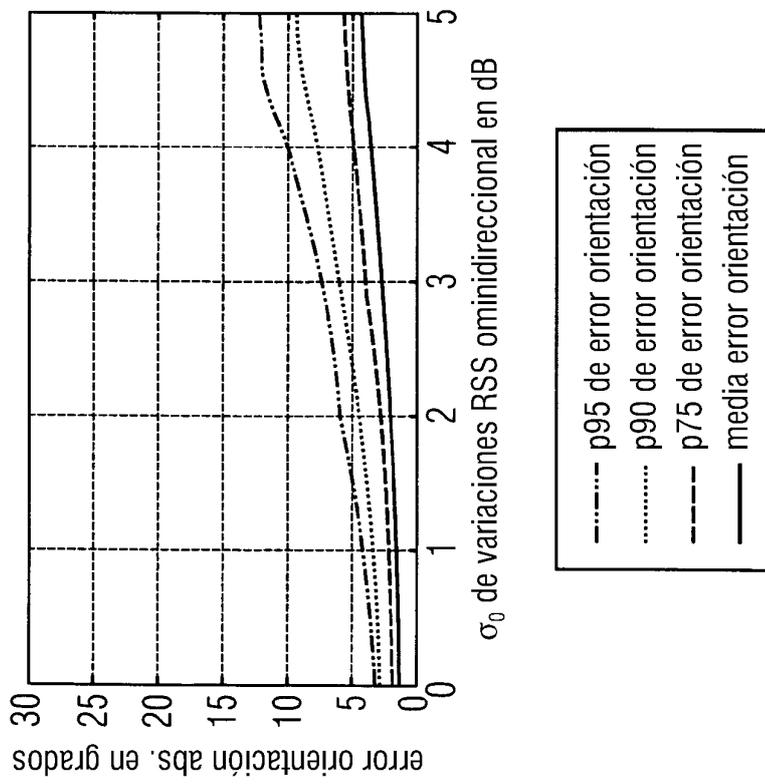


FIG 7A

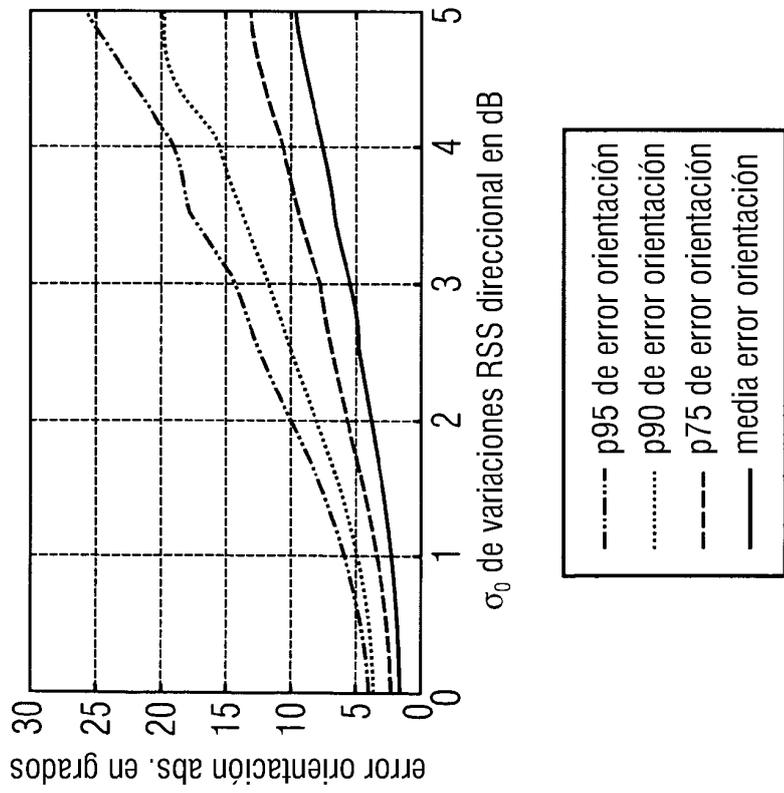


FIG 7C

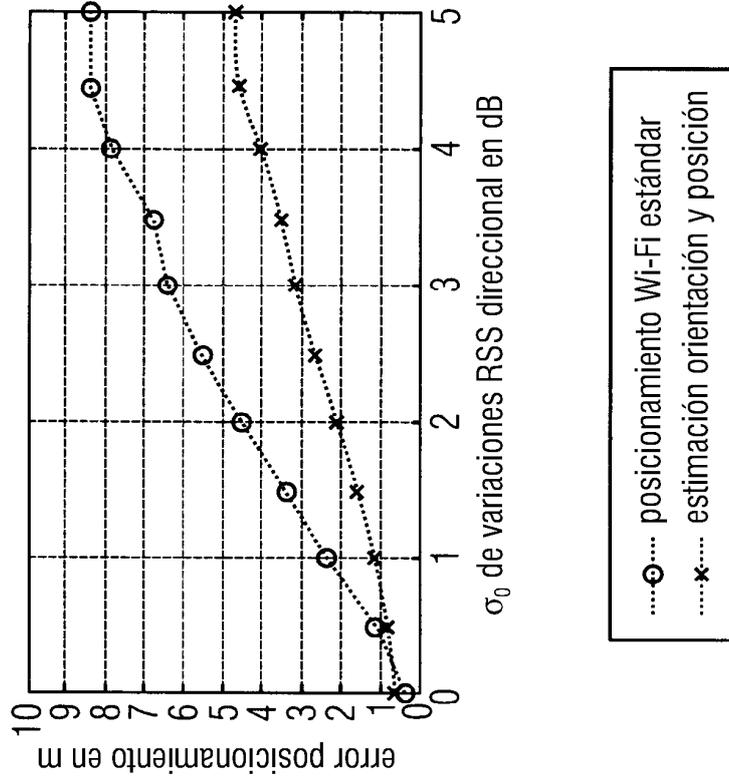


FIG 7D

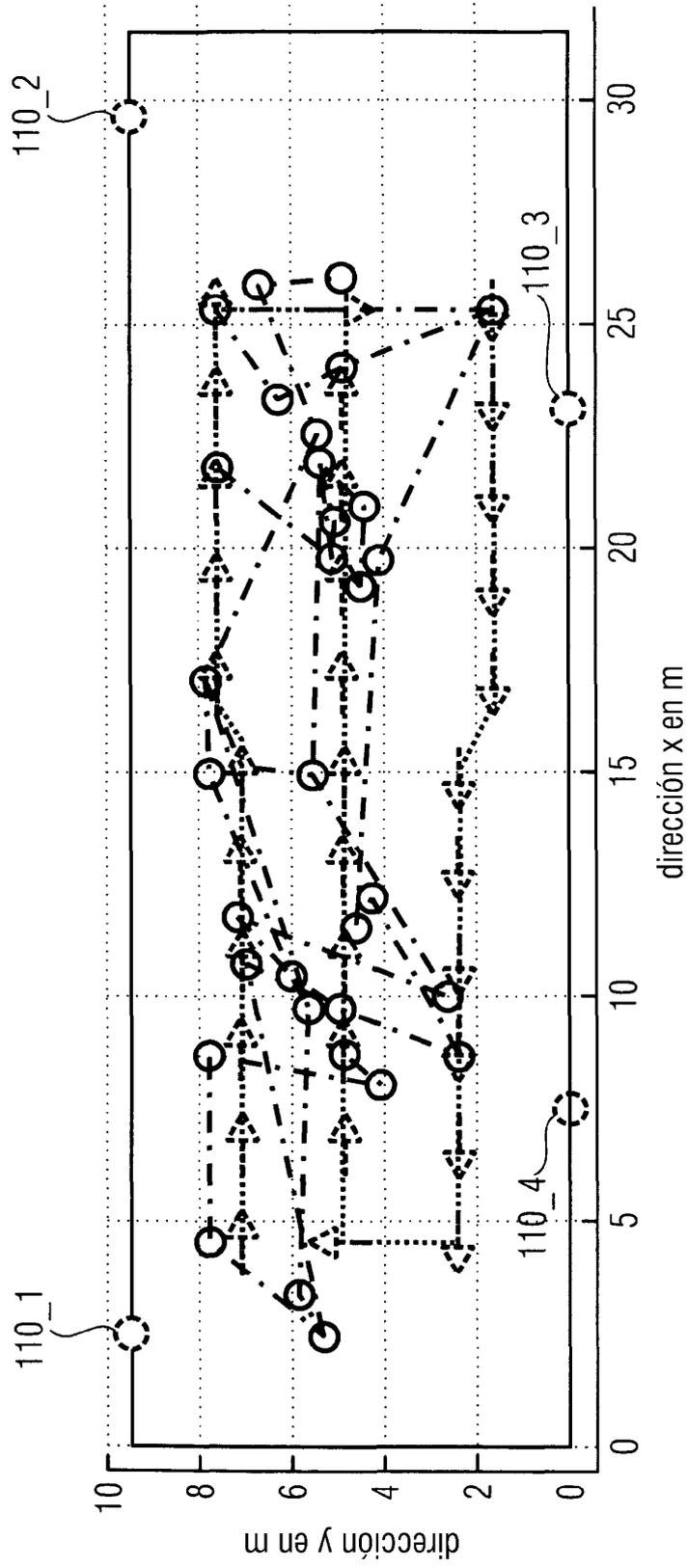


FIG 8A

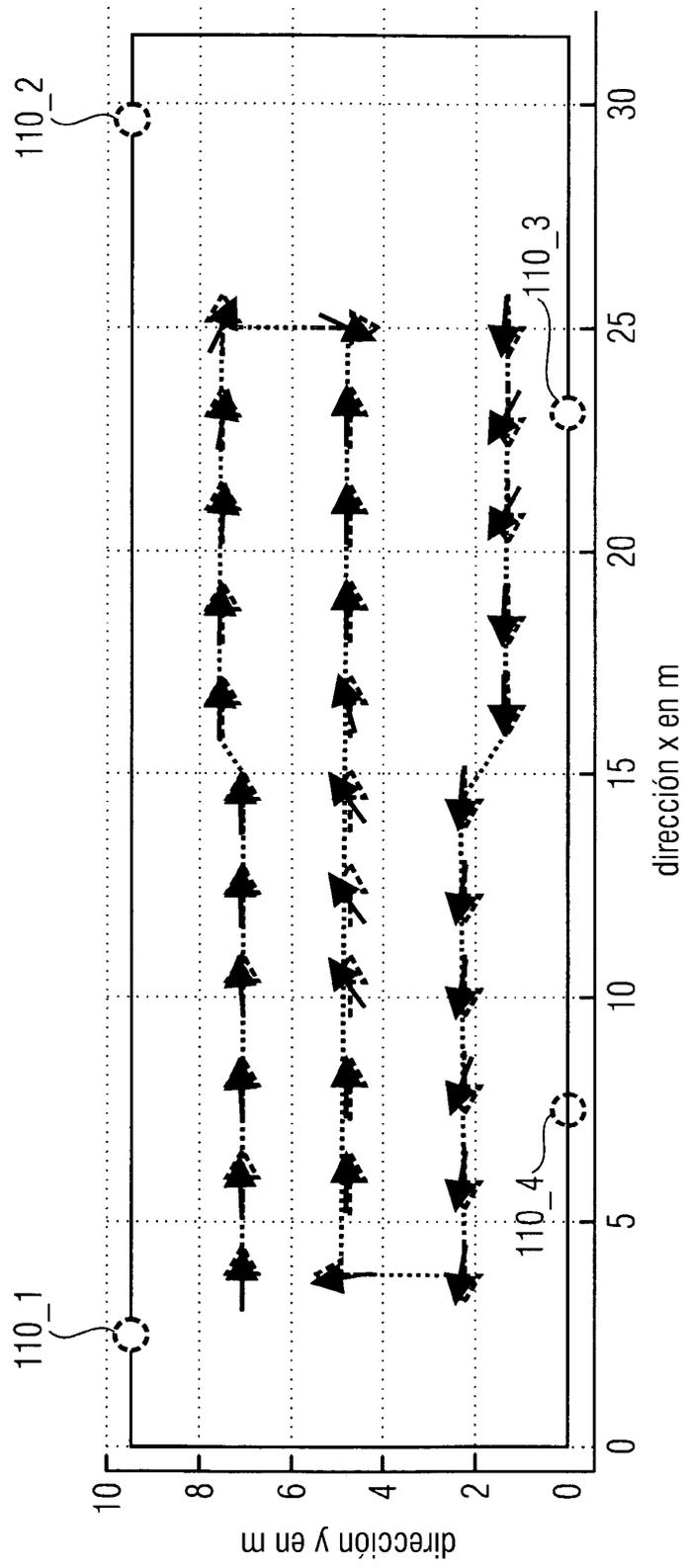


FIG 8B

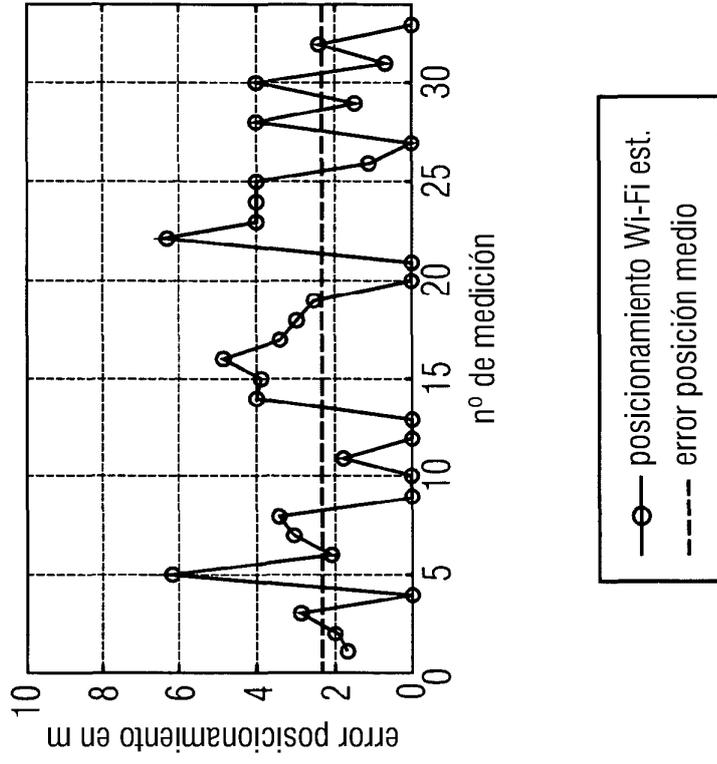


FIG 9B

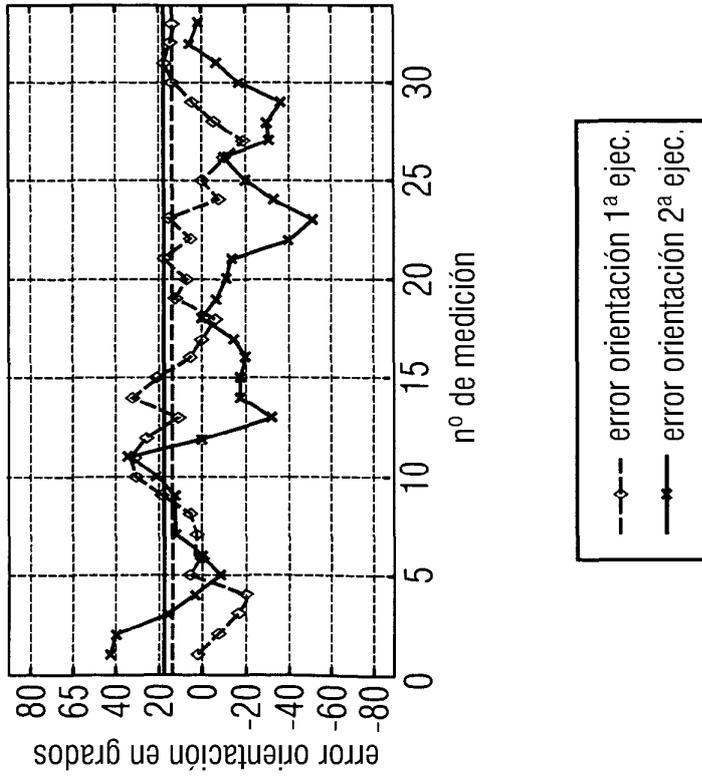


FIG 9A