

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 566**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2010.01)

G01S 19/46 (2010.01)

H04W 64/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05825042 .4**

96 Fecha de presentación: **28.10.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1820120**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.08.2007**

54 Título: **Base de datos y servidor de balizas de localización, método para construir una base de datos de balizas de localización, y servicio basado en la localización que la utiliza**

30 Prioridad:
29.10.2004 US 623108 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.11.2012

73 Titular/es:
SKYHOOK WIRELESS, INC. (100.0%)
132 IPSWICH STREET
BOSTON, MA 02215, US

72 Inventor/es:
MORGAN, EDWARD, JAMES;
ALIZADEH-SHABDIZ, FARSHID;
JONES, RUSSEL, KIPP y
SHEAN, MICHAEL, GEORGE

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 566 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

Base de datos y servidor de balizas de localización, método para construir una base de datos de balizas de localización, y servicio basado en la localización que la utiliza.

Antecedentes

5 1. Campo de la invención

La invención se refiere, generalmente, a servicios de base de localización y, más específicamente, a métodos y a sistemas para determinar las posiciones de puntos de acceso de Wi-Fi y para utilizar tal información para localizar un dispositivo habilitado para Wi-Fi.

2. Exposición de la técnica relacionada

10 En los últimos años, el número de dispositivos informáticos móviles ha venido creciendo drásticamente, lo que ha creado la necesidad de servicios móviles e inalámbricos más avanzados. El correo electrónico por móvil, los servicios de radiotelefonía portátil, los juegos con múltiples participantes y el seguimiento de llamadas son ejemplos del modo como están emergiendo nuevas aplicaciones en los dispositivos móviles. Además, los usuarios están comenzando a demandar / buscar aplicaciones que no solo hacen uso de su posición en curso en ese momento, sino que también comparten esa información de posición con otros. Los padres desean mantenerse informados del paradero de sus hijos, los supervisores necesitan hacer un seguimiento de la posición de los vehículos de reparto de la empresa, y el viajante o comercial de un negocio investiga para encontrar la farmacia más próxima para recoger una receta. Todos estos ejemplos requieren que la persona conozca su propia posición en ese momento, o la de otra persona. Hasta el momento, todo el mundo confía en preguntar sobre direcciones, llamar a alguien para preguntar sobre su ubicación o hacer comprobaciones con los trabajadores de vez en cuando acerca del lugar donde se encuentran.

Los servicios basados en la posición constituyen un área emergente de aplicaciones móviles que se sirve de la capacidad de los nuevos dispositivos para calcular su posición geográfica en ese momento e informar de esta al usuario o a otro dispositivo. Algunos ejemplos de estos servicios incluyen el tiempo local, actualizaciones de tráfico, direcciones de circulación, dispositivos de seguimiento de niños, localizadores personales a distancia y servicios de información o consulta urbanos. Estos nuevos dispositivos sensibles a la posición se fundamentan en una variedad de tecnologías, todas las cuales se sirven del mismo concepto general. Haciendo uso de señales de radio que llegan de puntos de referencia conocidos, estos dispositivos pueden calcular matemáticamente la posición del usuario con respecto a estos puntos de referencia. Cada una de estas soluciones tiene sus puntos fuertes y sus debilidades asociados con la tecnología de radio y los algoritmos de localización que emplean.

El Sistema de Localización Global (GPS –“Global Positioning System”) puesto en funcionamiento por el Gobierno de los Estados Unidos se sirve de docenas de satélites en órbita como puntos de referencia. Estos satélites radiodifunden señales de radio que son recogidas por los receptores de GPS. Los receptores miden el tiempo que lleva a la señal alcanzar el receptor. Una vez recibidas señales desde tres o más satélites de GPS, el receptor puede triangular su posición en el globo terráqueo. Para que el sistema trabaje de forma efectiva, las señales de radio deben llegar al receptor con una escasa o nula interferencia. La climatología, los edificios o estructuras y la vegetación pueden causar interferencias debido a que los receptores requieren una línea de mira despejada hasta tres o más satélites. Las interferencias pueden también ser provocadas por un fenómeno conocido como caminos o trayectorias múltiples. Las señales de radio procedentes de los satélites rebotan en estructuras físicas, lo que hace que múltiples señales procedentes del mismo satélite lleguen a un receptor en instantes diferentes. Puesto que el cálculo del receptor está basado en el tiempo que tarda la señal en llegar al receptor, las señales de múltiples trayectorias al receptor y provocan errores sustanciales.

La triangulación con torre celular es otro método utilizado por quienes portan dispositivos inalámbricos y celulares para determinar la posición de un usuario o de un dispositivo. La red inalámbrica y el dispositivo de mano se comunican entre sí al objeto de compartir información de señal que la red puede utilizar para calcular la posición del dispositivo. Esta solución se consideró en un principio como un modelo superior al GPS, puesto que estas señales no requieren una línea de mira directa y pueden penetrar mejor en los edificios. Desgraciadamente, estas soluciones han demostrado estar lejos de lo óptimo, debido a la naturaleza heterogénea de los dispositivos físicos o hardware de las torres celulares, conjuntamente con los problemas de las señales de múltiples trayectorias y la falta de uniformidad en la ubicación de las torres celulares.

El GPS asistido es un nuevo modelo que combina tanto el GPS como técnicas de torre celular para producir un cálculo de la posición más preciso y fiable para usuarios de móvil. En este modelo, la red inalámbrica trata de ayudar al GPS a mejorar su recepción de señal mediante la transmisión de información acerca de las desviaciones o desfases de reloj de los satélites de GPS y la posición general del usuario, basándose en la posición de la torre celular a la que está conectada. Estas técnicas pueden ayudar a los receptores de GPS a tratar las señales más débiles que se encuentran en espacios interiores y ayudan al receptor a obtener una “fijación” en los satélites más cercanos más rápido, con lo que se proporciona una “primera lectura” más rápida. Estos sistemas han venido adoleciendo de tiempos de respuesta lentos y una escasa precisión –mayor que 100 metros en zonas de los centros

urbanos.

Se han dado algunos modelos alternativos más recientes que fueron desarrollados para tratar y acometer los problemas conocidos con la localización por GPS, A-GPS y torre celular. Uno de ellos, conocido como TV-GPS, utiliza señales procedentes de las torres de radiodifusión de televisión. (Véase, por ejemplo, la divulgación de Kavitha Muthukrishnan, Maria Lijding, Paul Havinga: "Towards Smart Surroundings: Enabling Techniques and Technologies for Localization" (Hacia entornos inteligentes: haciendo posibles técnicas y tecnologías para localización), Lecture Notes in Computer Science [Notas de conferencias sobre ciencia informática], Volumen 3479, enero de 2002, o la divulgación de Hazas, M., Scott, J., Krumm, J.: "Location-Aware Computing Comes of Age" (La computación de aviso sobre la posición se hace mayor), IEEE Computer, 37(2): 95-97, febrero de 2004 005, Pa005, páginas 350-362.) El concepto se basa en el hecho de que la mayor parte de las áreas metropolitanas tienen 3 o más torres de radiodifusión de televisión. Un chip de hardware poseído en propiedad recibe señales de televisión desde estas diversas torres y utiliza las posiciones conocidas de estas torres como puntos de referencia. Los desafíos que afronta este modelo son el coste del nuevo receptor de hardware y las limitaciones de utilizar un conjunto tan pequeño de puntos de referencia. Por ejemplo, si un usuario se encuentra fuera del perímetro de las torres, el sistema experimenta dificultades para proporcionar una precisión razonable. El ejemplo clásico es un usuario a lo largo de la línea de la costa. Puesto que no hay torres de televisión más allá, mar adentro, no hay ningún modo de proporcionar simetría de referencia entre los puntos de referencia, lo que tiene como resultado una localización calculada muy tierra adentro con respecto al usuario.

La Microsoft Corporation y la Intel Corporation (a través de un grupo de investigación conocido como PlaceLab) ha desarrollado un sistema de localización por Wi-Fi que se sirve de las posiciones de punto de acceso captadas desde escáneres no profesionales (conocidos como "wardrivers" [buscadores de redes Wi-Fi desde un vehículo en movimiento]) que hacen llegar sus datos de barrido de Wi-Fi a sitios web públicos comunitarios. (Véase la divulgación de LaMarca, A. et al.: "Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild" (Place Lab: ubicación de dispositivos utilizando balizas de radio en la naturaleza).) Ejemplos de ello incluyen WiGLE, Wi-FiMaps.com, Netstumbler.com y NodeDB. Tanto Microsoft como Intel han desarrollado su propio software de cliente que utiliza estos datos de *wardriving* [búsqueda de redes Wi-Fi desde vehículo en movimiento] públicos como posiciones de referencia. Debido a que las personas aportan voluntariamente los datos, los sistemas adolecen de diversos problemas de comportamiento y de fiabilidad. En primer lugar, los datos a datos contenidos en las bases de datos no son recientes; algunos de los datos son nuevos mientras que otras porciones tienen una antigüedad de entre 3 y 4 años. La antigüedad de la ubicación del punto de acceso es importante puesto que, con el tiempo, los puntos de acceso pueden moverse o quedar fuera de servicio. En segundo lugar, los datos son captados utilizando una diversidad de configuraciones de hardware o de software. Cada radio y antena según el 802.11 tienen diferentes características de recepción de señal, lo que afecta a la representación de la intensidad de la señal. Cada implementación de software de exploración o barrido realiza una exploración en busca de señales de Wi-Fi de diferentes maneras durante distintos intervalos de tiempo. En tercer lugar, los datos aportados por el usuario adolecen de un sesgo arterial. Debido a que los datos son aportados personalmente por individuos que no están siguiendo rutas de exploración concebidas o trazadas, los datos tienden a agregarse en torno a áreas de tráfico denso. El sesgo arterial provoca una tendencia de la posición resultante hacia las arterias principales, con independencia del lugar donde se encuentra situado en ese momento, lo que provoca sustanciales errores de precisión. En cuarto lugar, estas bases de datos incluyen la posición calculada de puntos de acceso explorados, en lugar de los datos de exploración aproximados obtenidos por el hardware 802.11. Cada una de estas bases de datos calcula la ubicación de punto de acceso de una forma diferente, y cada una de ellas lo hace con una fórmula promedio ponderada de un modo rudimentario. El resultado es que muchos puntos de acceso se indican como ubicados lejos de sus posiciones reales, lo que incluye el hecho de que algunos puntos de acceso se indican incorrectamente, como si estuvieran ubicados en masas de agua.

Se han venido produciendo un cierto número de ofertas comerciales de sistemas de localización por Wi-Fi, encaminadas a la ubicación en interiores. (Véase la divulgación de Kavitha Muthukrishnan, Maria Lijding, Paul Havinga: "Towards Smart Surroundings: Enabling Techniques and Technologies for Localization" (Hacia entornos inteligentes: haciendo posibles técnicas y tecnologías para localización), Lecture Notes in Computer Science [Notas de conferencias sobre ciencia informática], Volumen 3479, enero de 2002, o la divulgación de Hazas, M., Scott, J., Krumm, J.: "Location-Aware Computing Comes of Age" (La computación de aviso sobre la posición se hace mayor), IEEE Computer, 37(2): 95-97, febrero de 2004 005, Pa005, páginas 350-362.) Estos sistemas se han diseñado con el propósito de acometer el seguimiento de efectos y de personas dentro de un entorno controlado como un parque empresarial, una instalación hospitalario un muelle de transporte. El ejemplo clásico es cuando se tiene un sistema que es capaz de supervisar la posición exacta del carrito de emergencias dentro del hospital para que, cuando se produzca un paro cardíaco, el personal del hospitalario no tenga que perder tiempo encontrando el dispositivo. Los requisitos de precisión para estos casos de uso son muy exigentes, requiriendo por lo común una precisión de 1 a 3 metros. Estos sistemas se sirven de una variedad de técnicas para realizar un ajuste fino de su precisión, incluyendo la realización de supervisiones detalladas de lugar en cada metro cuadrado de la zona, con el fin de medir la propagación de la señal de radio. También requieren una conexión a red constante, a fin de que el punto de acceso y el aparato de radio del cliente puedan intercambiar información de sincronización similarmente al modo como funciona un A-GPS. Si bien estos sistemas están llegando a ser cada vez más fiables para estos casos de uso en espacios interiores, no son eficaces para ningún despliegue en áreas extensas. Es imposible realizar el tipo de

5 vigilancia detallada de lugar requerida a lo largo y ancho de toda una ciudad, y no hay ninguna manera de basarse en un canal de comunicación constante con puntos de acceso según el 802.11 a lo largo y ancho de toda un área metropolitana, en la medida requerida por estos sistemas. Y de manera más importante, la propagación por radio en espacios exteriores es fundamentalmente diferente de la propagación por radio en espacios interiores, lo que convierte en casi inútiles estos algoritmos de localización en interiores en un contexto de área extensa.

10 Existen numerosos clientes de exploración para localización según el 802.11 disponibles que registran la presencia de señales según el 802.11 conjuntamente con la lectura de posición por GPS. Estas aplicaciones de software se hacen funcionar manualmente y producen un archivo lógico, o *log*, de las lecturas. Ejemplos de estas aplicaciones son Netstumber, Kismet y Wi-FiFoFum. Algunos aficionados utilizan estas aplicaciones para marcar las posiciones de las señales de punto de acceso según el 802.11 que detectan y compartirlas unos con otros. La gestión de estos datos y el hecho de compartir la información se hacen de forma totalmente manual. Esta aplicación no lleva a cabo ningún cálculo por lo que respecta a la situación física del punto de acceso, sino que se limita a marcar la ubicación desde la que fue detectado el punto de acceso.

15 El rendimiento y la fiabilidad del sistema de localización subyacente son los elementos clave para un despliegue satisfactorio de cualquier servicio basado en la ubicación. El rendimiento se refiere a los niveles o grados de precisión que consigue el sistema para un caso de uso dado. La fiabilidad hace referencia al porcentaje de tiempo en que se alcanzan los grados de rendimiento deseados.

	Rendimiento	Fiabilidad
Búsqueda local / anuncio	< 100 metros	85% del tiempo
E911	< 150 metros	95% del tiempo
Direcciones de conducción giro por giro	10-20 metros	95% del tiempo
Juegos	< 50 metros	90% del tiempo
Localizadores de amigos	< 500 metros	80% del tiempo
Gestión de flotas	< 10 metros	95% del tiempo
Seguimiento de efectos en interiores	< 3 metros	95% del tiempo

El documento US 2002/0184331 se refiere a un sistema y a un método para ubicar recursos a lo largo de un historial de posiciones.

20 **Sumario**

La invención proporciona una base de datos y un servidor de balizas de localización, a un método para construir una base de datos de balizas de localización, así como a un servicio basado en la localización que la utiliza.

25 Bajo un aspecto de la invención, los puntos de acceso por Wi-Fi se sitúan en un área geográfica de objetivo con el fin de construir una base de datos de referencia de las posiciones de los puntos de acceso de Wi-Fi. Se despliega al menos un vehículo que incluye al menos un dispositivo de exploración que tiene un dispositivo de GPS y un dispositivo de radio Wi-Fi, y que incluye un sistema de antenas de Wi-Fi. El área de objetivo es atravesada por una ruta programática con el fin de evitar el sesgo arterial. La ruta programática incluye sustancialmente todas las calles transitables al tráfico rodado del área geográfica de objetivo y resuelve un problema de ciclo euleriano de un gráfico representado por dichas calles transitables al tráfico rodado. Mientras se atraviesa el área de objetivo, se reciben periódicamente las coordenadas de GPS del dispositivo de GPS. Mientras se atraviesa el área de objetivo, se detectan las señales de Wi-Fi procedentes de los puntos de acceso de Wi-Fi al alcance del dispositivo de Wi-Fi, y se registra la información de identidad del punto de acceso de Wi-Fi detectado, en combinación con la información de posición de GPS del vehículo una vez que se ha llevado a cabo la detección del punto de acceso de Wi-Fi. La información de posición se utiliza para realizar una triangulación inversa de la posición del punto de acceso de Wi-Fi detectado; y la posición del punto de acceso detectado se registra o graba en una base de datos de referencia.

Bajo otro aspecto de la invención, el área geográfica de objetivo tiene un radio del orden de decenas de kilómetros.

Bajo otro aspecto de la invención, la ruta programática se determina mediante el uso del algoritmo de encaminamiento del cartero chino.

40 Bajo otro aspecto de la invención, cuando se detectan las señales de Wi-Fi, se realizan algunas lecturas de las señales de Wi-Fi para un punto de acceso de Wi-Fi dado, de tal manera que se forma un conjunto de lecturas para el punto de acceso de Wi-Fi dado, y de modo que dicho conjunto de lecturas se utiliza a la hora de terminar la posición del punto de acceso de Wi-Fi detectado.

Bajo otro aspecto de la invención, cuando se detecta una señal del punto de acceso de Wi-Fi, se calcula información de intensidad con respecto a la señal procedente del punto de acceso de Wi-Fi, y esta es registrada por el

dispositivo de exploración.

Bajo otro aspecto de la invención, un punto de acceso de Wi-Fi dado es detectado desde tantos ángulos diferentes como sea posible, dada la organización de las calles transitables al tráfico rodado.

5 Bajo otro aspecto de la invención, un punto de acceso de Wi-Fi dado es detectado desde tantos ángulos diferentes como sea posible, dada la organización de las calles transitables al tráfico rodado, y de tal manera que se determina y se graba o registra un perfil de potencia de intensidades de señal para un punto de acceso de Wi-Fi dado.

Bajo otro aspecto de la invención, el sistema de antenas de Wi-Fi incluye antenas direcciones y en él, el dispositivo de exploración registra un vector de origen de un punto de acceso de Wi-Fi basándose en diferentes intensidades de señal recibidas por el punto de acceso de Wi-Fi sobre las antenas direccionales.

10 Bajo otro aspecto de la invención, se localizan puntos de acceso para una pluralidad de áreas de objetivo.

Bajo otro aspecto de la invención, puede ser localizado un dispositivo de usuario que tiene una radio de Wi-Fi. Se proporciona una base de datos de referencia de posiciones calculadas de puntos de acceso de Wi-Fi dentro de un área de objetivo. En respuesta a una petición de aplicación por parte de un usuario para determinar una posición de un dispositivo de usuario que tiene una radio de Wi-Fi, el dispositivo de Wi-Fi es disparado o activado para transmitir una petición a todos los puntos de acceso de Wi-Fi situados dentro del alcance del dispositivo de Wi-Fi. Se reciben mensajes procedentes de los puntos de acceso de Wi-Fi situados dentro del alcance del dispositivo de Wi-Fi, de tal manera que cada mensaje identifica el punto de acceso de Wi-Fi que envía el mensaje. Se calcula la intensidad de señal de los mensajes recibidos por los puntos de acceso de Wi-Fi. Se accede a la base de datos de referencia con el fin de obtener las posiciones calculadas para los puntos de acceso de Wi-Fi identificados. Basándose en el número de puntos de acceso de Wi-Fi identificados a través de los mensajes recibidos, se escoge un algoritmo de determinación de la posición correspondiente de entre una pluralidad de algoritmos de determinación de la posición, de tal manera que dicho algoritmo escogido sea adecuado para el número de puntos de acceso de Wi-Fi identificados. Las posiciones calculadas para los puntos de acceso de Wi-Fi identificados, así como las intensidades de señal de dichos mensajes recibidos y el algoritmo de determinación de la posición escogido, son utilizados para determinar la posición del dispositivo de usuario.

Bajo otro aspecto de la invención, las posiciones calculadas para los puntos de acceso de Wi-Fi identificados son filtradas para determinar si los puntos de acceso de Wi-Fi correspondientes se han desplazado desde el momento en que se incluyó en la base de datos de referencia la información acerca de los puntos de acceso de Wi-Fi.

30 Bajo otro aspecto de la invención, la pluralidad de algoritmos de determinación de la posición incluyen un simple modelo de promedio ponderado de intensidades de señal.

Bajo otro aspecto de la invención, la pluralidad de algoritmos de determinación de la posición incluye un modelo de vecino más próximo.

Bajo otro aspecto de la invención, la pluralidad de algoritmos de determinación de la posición incluye una técnica de triangulación.

35 Bajo otro aspecto de la invención, la pluralidad de algoritmos de determinación de la posición incluye una técnica de suavización o desrizado adaptativa basada en la velocidad del dispositivo.

Bajo otro aspecto de la invención, la elección del algoritmo de determinación de la posición se basa, adicionalmente, en que la aplicación de usuario realice la petición de localización.

40 Bajo otro aspecto de la invención, una base de datos de puntos de acceso de Wi-Fi para al menos un área de objetivo que tiene un radio del orden de decenas de kilómetros, se graba o registra en un medio legible por computadora. Esta incluye registros de base de datos para sustancialmente todos los puntos de acceso de Wi-Fi contenidos en el área de objetivo, de tal manera que cada registro incluye información de identificación para un punto de acceso de Wi-Fi correspondiente, e información de posición calculada para el punto de acceso de Wi-Fi correspondiente, de tal manera que dicha información de posición calculada se obtiene de la grabación de múltiples lecturas del punto de acceso de Wi-Fi, a fin de proporcionar simetría de referencia cuando se calcula la posición del punto de acceso de Wi-Fi, y evitar el sesgo arterial en la información de posición calculada.

45 Bajo otro aspecto de la invención, un servidor de localización de Wi-Fi incluye una base de datos de puntos de acceso de Wi-Fi para al menos un área de objetivo que tiene un radio del orden de decenas de kilómetros, de tal manera que dicha base de datos es grabada en un medio legible por computadora e incluye registros de base de datos para sustancialmente todos los puntos de acceso de Wi-Fi ubicados dentro del área de objetivo, de modo que cada registro incluye información de identificación para un punto de acceso de Wi-Fi correspondiente e información de posición calculada para el punto de acceso de Wi-Fi correspondiente, de tal manera que dicha información de posición calculada se obtiene del registro de múltiples lecturas del punto de acceso de Wi-Fi, a fin de proporcionar simetría de referencia cuando se calcula la posición del punto de acceso de Wi-Fi, y para evitar el sesgo arterial en la información de posición calculada. El servidor también incluye lógica implementada en computadora y destinada a

añadir registros a la base de datos para puntos de acceso de Wi-Fi recientemente descubiertos, de tal modo que dicha lógica informática incluye lógica para recalcularse la información de posición para los puntos de acceso de Wi-Fi previamente almacenados en la base de datos, al objeto de utilizar la información de posición para los puntos de acceso de Wi-Fi recientemente descubiertos.

- 5 Bajo otro aspecto de la invención, el servidor incluye lógica de agrupamiento implementada por computadora y destinada a identificar la información de posición basándose en información de GPS propensa a errores.

- 10 Bajo otro aspecto de la invención, la lógica de agrupamiento incluye lógica para determinar una posición de centroide ponderada para toda la información de posición notificada para un punto de acceso y lógica para identificar información de posición que excede una cantidad de umbral de desviación con base estadística, en alejamiento de la posición del centroide, y excluye dicha información de posición de desviación con respecto a la base de datos e impide que esta influya en las posiciones calculadas de los puntos de acceso de Wi-Fi.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos,

La Figura 1 representa ciertas realizaciones de un sistema de localización de Wi-Fi;

- 15 La Figura 2 representa vehículos de exploración que incluyen dispositivos de exploración de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La Figura 3 ilustra un ejemplo de un escenario o contexto de exploración con el fin de ilustrar el problema del sesgo arterial en la recogida de datos;

- 20 La Figura 4 representa un ejemplo que utiliza una ruta programática para un vehículo de exploración de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La Figura 5 representa un ejemplo de contexto destinado a ilustrar el problema de la falta de simetría de referencia de los puntos de acceso de Wi-Fi a la hora de localizar un dispositivo de usuario;

La Figura 6 ilustra un contexto proporcionado a modo de ejemplo para ilustrar la simetría de referencia de puntos de acceso de Wi-Fi a la hora de localizar un dispositivo de usuario;

- 25 La Figura 7 representa vehículos de barrido o exploración que incluyen dispositivos de exploración de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La Figura 8 representa un servidor de red central que incluye una base de datos de red central de puntos de acceso de Wi-Fi de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

- 30 La Figura 9 ilustra una arquitectura proporcionada a modo de ejemplo de software de localización de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La Figura 10 representa una arquitectura proporcionada a modo de ejemplo de un cliente de exploración, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención; y

La Figura 11 compara y contrasta los efectos de un modelo de exploración aleatoria con uno que utiliza un modelo obtenido del algoritmo de encaminamiento el cartero chino.

- 35 **Descripción detallada**

- Realizaciones preferidas de la presente invención proporcionan un sistema y una metodología para reunir datos de posición de referencia con el fin de hacer posible un sistema de localización comercial que utiliza puntos de acceso según el 802.11, públicos y privados. De preferencia, los datos son reunidos de una manera programática con el fin de explorar y cubrir por completo las calles de una región de objetivo. La solución programática identifica tantos puntos de acceso de Wi-Fi como sea posible. Reuniendo información de posición acerca de más puntos de acceso, realizaciones preferidas no solo proporcionan una mayor colección de información de posición sobre los puntos de acceso, sino que la información de posición para cada punto de acceso puede ser calculada con mayor precisión. Subsiguientemente, este mayor conjunto de datos más precisos puede ser utilizado por servicios de localización para ubicar de manera más precisa un dispositivo de usuario que hace uso de realizaciones preferidas de la invención. Ciertas realizaciones se sirven de técnicas para evitar datos erróneos cuando se determinan las posiciones de Wi-Fi y utilizan información de posición recientemente descubierta con el fin de mejorar la calidad de la información de posición previamente reunida y determinada. Ciertas realizaciones se sirven de algoritmos de determinación de la posición basados en el contexto del dispositivo de usuario en el momento en que el usuario solicita una posición. Por ejemplo, el algoritmo de determinación de la posición estará basado en el número de puntos de acceso de Wi-Fi identificados o detectados cuando se realiza una petición de posición, o estará basado en la aplicación que realiza la petición.

La Figura 1 representa una parte de una realización preferida de un sistema de localización por Wi-Fi (WPS –“Wi-Fi positioning system”). El sistema de localización incluye software de localización (103) que reside en un dispositivo de computación (101). A lo largo y ancho de un área de cobertura particular, se han fijado puntos de acceso inalámbrico (102) que radiodifunden información utilizando señales de radiodifusión de canal de control / común. El dispositivo de cliente supervisa la señal de radiodifusión o solicita su transmisión a través de una petición de prueba. Cada punto de acceso contiene un identificador de hardware único conocido como dirección de MAC. El software de localización de cliente recibe balizas de señal desde los puntos de acceso de conformidad con 802.11 y situados dentro de alcance, y calcula la ubicación geográfica del dispositivo de computación utilizando características obtenidas de las balizas de señal. Estas características incluyen el identificador único o exclusivo del punto de acceso según 802.11, conocido como la dirección de MAC, así como las intensidades de la señal que llega al dispositivo de cliente. El software de cliente compara los puntos de acceso según 802.11 observados con los que están contenidos en su base de datos de referencia (104) de puntos de acceso, que pueden o no residir también en el dispositivo. La base de datos de referencia contiene las posiciones geográficas calculadas o el perfil de potencia de todos los puntos de acceso que ha recogido el sistema de recogida. El perfil de potencia es una colección de lecturas que representan la potencia de la señal desde diversas posiciones. Utilizando estas posiciones conocidas, el software de cliente calcula la posición relativa del dispositivo de usuario (101) y determina sus coordenadas geográficas en forma de lecturas de latitud y longitud. Estas lecturas se suministran entonces a aplicaciones basadas en la posición, tales como localizadores de amigos, sitios web para búsquedas locales, sistemas de gestión de flotas y servicios de E911.

El software de localización se describe con mayor detalle con referencia a la Figura 9, que ilustra componentes proporcionados a modo de ejemplo del software de localización 103. Típicamente, existe una aplicación o servicio (911) que utiliza lecturas de posición para proporcionar un cierto valor a un usuario final (por ejemplo, direcciones de conducción). Esta aplicación de localización realiza una petición al software de localización para la ubicación del dispositivo en ese momento particular. Esa petición inicia el escáner (902), el cual realiza una “petición de exploración” para la radio (903) según 802.11, existente en el dispositivo. La radio según 802.11 emite una petición de prueba a todos los puntos de acceso (904) según 802.11 que estén situados dentro del alcance. De acuerdo con el protocolo según 802.11, los puntos de acceso que reciben una petición de prueba transmitirán una baliza de radiodifusión que contiene información acerca del punto de acceso. Esa baliza incluye la dirección de MAC del dispositivo, el nombre de la red, la versión precisa del protocolo a la que da soporte y su configuración de seguridad, además de información acerca del modo como conectarse al dispositivo. La radio según 802.11 recoge esta información de cada punto de acceso al que responde, calcula la intensidad de la señal para cada punto de acceso, y la envía de vuelta al escáner.

El escáner hace pasar este conjunto ordenado de puntos de acceso al Localizador (906), el cual comprueba las direcciones de MAC de cada punto de acceso observado contrastándolas con la Base de Datos de Referencia de Puntos de Acceso (905). Esta base de datos puede, bien estar situada en el dispositivo, o bien remotamente, a través de una conexión de red. La Base de Datos de Referencia de Puntos de Acceso devuelve los datos de posición para cada uno de los puntos de acceso observados que son conocidos por el sistema. El Localizador transmite esta colección de información de posición, conjuntamente con las características de señal que se hacen retornar desde cada punto de acceso al Filtro de Datos Defectuosos (907). Este filtro aplica diversos ensayos de comparación a cada punto de acceso al objeto de determinar si cualquiera de los puntos de acceso se ha desplazado, puesto que fueron añadidos a la base de datos de puntos de acceso.

Una vez eliminados los registros de datos defectuosos, el Filtro envía los puntos de acceso restantes al componente (908) de Cálculo de Posición. Utilizando los datos de referencia obtenidos de la base de datos de punto de acceso y las lecturas de intensidad de señal obtenidas del escáner, el componente de Cálculo de Posición computa la posición del dispositivo en ese momento. Antes de que se envíen esos datos de posición de vuelta al Localizador, ello viene precedido por el Motor de suavización o desrizado (909), que promedia una serie pasada de lecturas de posición para eliminar cualesquiera lecturas erráticas de los cálculos anteriores. Los datos de posición ajustados son entonces enviados de vuelta al Localizador.

Las lecturas de posición calculadas, producidas por el Localizador, se comunican a estas aplicaciones (901) basadas en la posición, a través de la Interfaz de Aplicación (910), la cual incluye una interfaz de programación de aplicación (API –“application programming interface”), o por medio de una capacidad de GPS virtual (911). Los receptores de GPS comunican sus lecturas de posición utilizando mensajes en propiedad o mediante el uso de una norma de posición como la desarrollada por la National Marine Electronics Association (NMEA –Asociación Nacional de Electrónica Marina). Conectándose dentro del dispositivo mediante el uso de una interfaz normalizada tal como una puerta COM existente en la máquina, se recuperan los mensajes. Ciertas realizaciones de la invención incluyen una capacidad de GPS virtual que permite que cualquier aplicación compatible con GPS se comunique con este nuevo sistema de localización sin tener que alterar el modelo de comunicación o los mensajes.

Los cálculos de posición se producen utilizando una serie de algoritmos de localización destinados a convertir flujos de datos ruidosos en lecturas de posición fiables y estables. El software de cliente compara la lista de puntos de acceso observados, conjuntamente con sus intensidades de señal calculadas, a fin de ponderar la ubicación del usuario para determinar la posición precisa del dispositivo de usuario. Se emplean una variedad de técnicas que incluyen modelos promediados y ponderados simples de intensidad de señal, modelos de vecino más próximo

combinados con técnicas de triangulación y desrizado adaptativo basándose en la velocidad del dispositivo. Diferentes algoritmos se comportan mejor en contextos diferentes y tienden a ser utilizados juntos en despliegues híbridos para producir lecturas finales de la mayor precisión. Realizaciones preferidas de la invención pueden utilizar diversos algoritmos de localización. La decisión sobre qué algoritmo utilizar viene dada por el número de puntos de acceso observados y por el caso de aplicación de usuario que hace uso de él. Los modelos de filtración son diferentes de los sistemas de localización tradicionales puesto que los sistemas tradicionales se basan en puntos de referencia conocidos que nunca se mueven. En el modelo de las realizaciones preferidas no se hace esta suposición de posiciones fijas de los puntos de acceso; los puntos de acceso no son propiedad del sistema de localización, de manera que pueden moverse o dejarse fuera de servicio. Las técnicas de filtración suponen que algunos de los puntos de acceso pueden no estar ya situados en el mismo lugar y podrían provocar un cálculo defectuoso de la posición. Los filtros son dinámicos y cambian basándose en el número de puntos de acceso observados en ese momento. Los algoritmos de suavización o desrizado incluyen un simple promediado de la posición así como lógica bayesiana avanzada, incluyendo filtros de Kalman. Los algoritmos de velocidad calculan la velocidad del dispositivo estimando el efecto Doppler a partir de las observaciones de intensidad de señal de cada punto de acceso.

15 Recogida de datos de exploración para construir la base de datos de referencia

La Figura 2 representa los componentes utilizados para reunir información de posición para varios puntos de acceso. Se despliega una gran flota de vehículos (201) con el fin de construir la base de datos de referencia (104 de la Figura 1) para el sistema de localización. Estos vehículos 201 siguen una ruta programática a través de áreas de exploración de objetivo con el fin de reunir datos de la manera más adecuada u óptima, dando lugar a los datos de más alta calidad. Las áreas de exploración de objetivo típicamente representan una gran área metropolitana, incluyendo todas y cada una de las calles por las que se puede circular en un radio de entre 24 y 32 kilómetros (entre 15 y 20 millas). Estos vehículos son susceptibles de equiparse con dispositivos de exploración (202) diseñados para registrar las posiciones y características de las señales según 802.11, mientras atraviesan el área de cobertura. Los dispositivos de exploración efectúan un seguimiento de la posición del vehículo de exploración cada segundo, utilizando una señales procedentes de satélites de GPS (204). El dispositivo de exploración también hace un seguimiento de la presencia de cualquier punto de acceso conforme a 802.11 que se encuentre dentro del alcance, y registra las características de radio de esa señal de punto de acceso conjuntamente con la posición de GPS del vehículo de exploración. La calidad de los datos recogidos se ve afectada en gran medida por la metodología de exploración empleada por los vehículos de exploración. Cada modelo tiene sus propios beneficios y limitaciones. Una solución, conocida como el Modelo Aleatorio, emplaza dispositivos de exploración en los vehículos según están estos llevando a cabo actividades cotidianas de uso comercial o personal. Estos vehículos pueden ser camiones de reparto, taxis, vehículos comerciales de viaje o tan solo particulares. La idea es que, con el tiempo, estos vehículos cubrirán las suficientes calles a su propio manera aleatoria como para construir una base de datos de referencia fiable. El modelo proporciona, de hecho, unos medios simples para recoger datos, pero la calidad de los datos resultantes se ve afectada negativamente debido a los problemas de "sesgo arterial". La Figura 3 describe el desafío del modelo aleatorio. Cuando los vehículos de barrido o exploración atraviesan rutas diseñadas para resolver otros problemas distintos de la recogida de datos (por ejemplo, la entrega de paquetes, la ida y venida de la gente del trabajo), tienden a seguir ciertas rutas de destino. Una ruta de destino tiene lugar cuando un conductor necesita ir de A a B y busca la ruta más rápida para llegar allí. De tal manera que el conductor busca la ruta más corta hasta la arteria principal más próxima, ya sea esta una autopista o una avenida principal. Como resultado de ello, a lo largo del tiempo, la conducción aleatoria cubre cada vez más terreno, pero la cobertura acumulativa muestra un sesgo hacia las calles principales, o arterias, a costa de las calles circundantes, más pequeñas. En la Figura 3, las arterias (304) y (305) son fuertemente recorridas por los vehículos de exploración, de lo que resulta una buena cantidad de datos de exploración para esas vías. Pero las calles (306) y (307) son raramente cubiertas, si es que lo son alguna vez, debido a que no hay destinos frecuentes en esas calles y las arterias son vías de desplazamiento más adecuadas. El resultado es que los puntos de acceso (308) y (309) no son explorados en absoluto por los vehículos de exploración, de manera que al sistema de localización le costará identificar a un usuario que se está desplazando por las calles (306) y (307). El resultado es que, cuando el sistema trata de calcular la posición del punto de acceso a partir de los datos de exploración, este se encuentra limitado por una colección sesgada de datos de entrada. La Figura 11 muestra la diferencia en la calidad de los datos resultantes. Al desplazarse el vehículo de exploración cerca del Punto de Acceso (1101), registra una lectura y su posición de forma continua. El sistema de localización ha de calcular entonces la posición del Punto de Acceso (1102) utilizando todo el conjunto de datos observados (1103). En el modelo de Exploración Aleatoria, el conjunto de datos se limita a una sola calle principal que pasa por el punto de acceso. Esto obliga al sistema a calcular la posición del punto de acceso cerca de esa calle, en vez de cerca del propio punto de acceso.

Otra solución consiste en desarrollar algoritmos de encaminamiento que incluyan todas y cada una de las calles de la zona de objetivo, al objeto de evitar el sesgo arterial en la colección resultante de datos, con lo que se crea un sistema de localización más fiable para los usuarios finales. La Figura 4 describe un algoritmo de encaminamiento optimizado conocido como el cartero chino para calcular la ruta de conducción más eficiente para cubrir cada calle individual en una zona de objetivo. El algoritmo de encaminamiento del cartero chino es una técnica conocida utilizada por las oficinas o agencias postales, empresas de servicios públicos y agencias censales, y constituye una variante del problema del ciclo Euleriano. El ciclo Euleriano consiste en el problema de averiguar el recorrido más corto de un gráfico que visita cada borde al menos una vez. (Véase, por ejemplo, la publicación de Kwan, M. K.:

“Graphic Programming Using Odd or Even Points” (Programación gráfica utilizando puntos pares e impares), Chinese Math. [Matemáticas chinas], 1, 273-277, 1962.) Realizaciones preferidas de la invención incluyen una metodología para identificar una región de objetivo para la cobertura y, seguidamente, el uso del algoritmo de encaminamiento del cartero chino para planear la ruta del vehículo. El vehículo de exploración (401) sigue la ruta óptima de acuerdo con el algoritmo, que no presenta ningún sesgo hacia ninguna calle, lo cual garantiza que todos los puntos de acceso observables son detectados y correlacionados por el sistema. De esta forma, a modo de ejemplo, los puntos de acceso (408) y (409) se añaden a la base de datos de puntos de acceso utilizando el modelo del cartero chino, pero se habrían perdido si se hubiera utilizado el modelo aleatorio. Haciendo referencia de nuevo a la Figura 11, con el modelo de exploración del cartero chino, el vehículo recorre todas y cada una de las calles o vías y obtiene un conjunto así de complejo de registros de exploración (1106) para el punto de acceso (1104). El sistema puede entonces calcular la posición (1105) del punto de acceso con menos error, puesto que tiene una distribución más uniforme de datos de exploración para el punto de acceso 1104 que para el punto de acceso 1102. De esta forma, el modelo de exploración del cartero chino no solo reúne más puntos de acceso de modo uniforme a lo largo y ancho de un área de objetivo, sino que los datos resultantes dan lugar a cálculos más precisos de las posiciones de los puntos de acceso.

Posiciones de AP de calidad superior

Una vez recogidos (o parcialmente recogidos), los datos de exploración son cargados de vuelta en una base de datos de puntos de acceso centrales (que se describe más adelante en esta aplicación), donde son procesados o tratados. Se utilizan los puntos de observación en fila o línea para cada punto de acceso, para triangular a la inversa la posición física real de los puntos de acceso o crear un perfil de potencia que representa la propagación por radio de ese punto de acceso. Con el fin de producir la posición calculada más precisa para unos puntos de acceso particulares, o para crear el perfil de potencia más preciso, el vehículo de exploración ha de observar el punto de acceso desde tantos ángulos diferentes como sea posible. En el modelo aleatorio (Figura 3), se observan muchos puntos de acceso desde una única calle, forzando al sistema a calcular su posición directamente en la calle (303). Estas posiciones muestran un sesgo direccional y son significativamente diferentes de las posiciones reales de estos puntos de acceso (302). Se introducen errores en un sistema de localización cuando sus posiciones de los puntos de referencia son imprecisas. Así, pues, en este sistema de localización, la precisión de las posiciones de los puntos de acceso juega un importante papel en la exactitud a la hora de precisar la localización de un usuario final. Utilizando el modelo del cartero chino (Figura 4), los vehículos de exploración detectan un punto de acceso particular desde tantos lados como sea posible del edificio que aloja el punto de acceso. Estos datos adicionales mejoran en gran medida los resultados de la fórmula de triangulación inversa utilizada para calcular la posición de los puntos de acceso (403). Se describen más detalles de la calidad de localización del punto de acceso en asociación con la Figura 11.

Los datos de exploración recogidos con este sistema constituyen una representación fiable para la configuración de propagación de señal para cada punto de acceso de su entorno específico. Cada dispositivo de radio y el entorno circundante producen una huella o marca identificativa exclusiva de señal que muestra cuán lejos llega la señal y cuán intensa es la señal en diversas posiciones situadas dentro de la marca identificativa de la señal. Estos datos de marca identificativa se utilizan en combinación con la posición del punto de acceso calculada, al objeto de obtener una alta precisión en el sistema de localización. Esta marca identificativa se conoce también como “perfil de potencia”, ya que las intensidades de la señal en cada posición se miden como potencia de señal en vatios. El sistema de localización puede interpretar los datos de marca identificativa para indicar que una intensidad de señal particular de un radio de punto de acceso según 802.11 está asociada con una distancia particular desde ese punto de acceso. Se utilizan técnicas de identificación de señal por marca identificativa en la localización por Wi-Fi en espacios interiores, pero estas han demostrado ser difíciles de reproducir en los entornos al aire libre de áreas más extensas debido a la dificultad asociada a la recogida de los datos de marca identificativa. Cuando las marcas identificativas o perfiles de potencia de múltiples puntos de acceso se solapan, el sistema de localización puede determinar una posición de dispositivo simplemente encontrando la posición concreta en la que las intensidades de señal observadas coinciden con las marcas identificativas combinadas. Realizaciones preferidas de esta invención proporcionan un sistema fiable para obtener estos datos de marca identificativa a lo largo y ancho de una vasta área de cobertura con millones de puntos de acceso, con el fin de utilizar algoritmos de localización basados en huellas o marcas identificativas.

Simetría de referencia

Los sistemas de localización trabajan, por lo común, disponiendo de tres o más puntos de referencia en torno al dispositivo del que se está realizando el seguimiento. Estos sistemas de localización utilizan las señales de radio procedentes de estos puntos de referencia de diversas maneras para calcular la posición en ese momento del dispositivo. Se producen errores significativos cuando no hay un número suficiente de puntos de referencia o cuando a los puntos de referencia les falta equilibrio o simetría en torno al usuario. Como se ha ilustrado en la Figura 5, el sesgo arterial que surge del modelo aleatorio introduce muchos contextos en los que el usuario final (501) entra en áreas físicas en las que solamente hay posiciones de puntos de acceso registradas (502) a uno de los lados de él. Esta falta de simetría en la distribución de los puntos de referencia en torno al usuario final hace que los algoritmos de localización calculen la posición (503) del dispositivo con una mayor magnitud de error. Con el modelo del cartero chino para la exploración de puntos de acceso, el usuario encuentra, típicamente, una posición física (Figura 6) en la

que hay numerosas posiciones (602) de puntos de acceso a todos los lados del usuario (601), dentro del alcance (604) de la radio según 802.11 del dispositivo. Como resultado de ello, el cálculo de posición resultante (603) presenta un sesgo de posición reducido y es más preciso. La Figura 11 es otro ejemplo que muestra el efecto de los cálculos de posición de calidad.

5 Dispositivo de barrido o exploración

La Figura 7 representa los detalles de una realización preferida de un dispositivo de exploración 702 utilizado para detectar e identificar los diversos puntos de acceso por Wi-Fi. Un dispositivo de exploración (701) contiene un dispositivo de exploración 702 que explora o barre continuamente el espacio aéreo en busca de señales de radio de satélites de GPS (708) y de puntos de acceso (707) según 802.11. El dispositivo de exploración hace funcionar el software de cliente para exploración (704) que controla todo el proceso. El cliente de exploración activa tanto el receptor de GPS (705) como la radio (706) según 802.11. El receptor de GPS se ajusta en un modo de recepción continuo que calcula la posición geográfica del dispositivo cada segundo. Esos cálculos son leídos por el cliente de la exploración y almacenados en el dispositivo de almacenamiento de datos local (703). El cliente de la exploración pone en marcha la radio de acuerdo con 802.1 y comienza a emitir peticiones de prueba según 802.11 utilizando antenas direccionales (709). Cualquier punto de acceso (707) según 802.11, comprendido dentro del alcance de esa petición de prueba, responde con una baliza de señal de conformidad con el protocolo 802.11. Las balizas de señal de respuesta contienen el nombre de la red del punto de acceso (conocido como un SSID), la dirección de MAC del dispositivo de punto de acceso, así como otra metainformación [información acerca de otros datos] sobre el punto de acceso. Las señales de respuesta llegan a cada una de las antenas direccionales con una intensidad de señal diferente, basándose en el vector de origen y en la proximidad del punto de acceso. Ese vector es registrado conjuntamente con el identificador de esa antena particular y la metainformación acerca del punto de acceso. Este procedimiento de prueba-recepción-registro se produce continuamente cada décima de segundo. El dispositivo de exploración desplegado es una combinación del iPAQ 4155 Pocket PC y la Powered GPS PDA Mount Cradle (cuna de montura motorizada de PDA con GPS), provisto de un receptor de GPS del tipo SiRF II integrado, con *firmware* [software incorporado de forma permanente en hardware] XTrac v. 2.0.

El cliente de exploración 704 de ciertas realizaciones se describe en asociación con la Figura 10. El cliente consiste en tres componentes principales: el gestor de datos (1001), el gestor de sistema (1002) y el gestor de carga (1003). El gestor de datos (1001) controla las operaciones tanto de la radio de GPS (1006) como de la radio según 802.11 (1007). El gestor de datos controla cuándo y cuán a menudo estas radios exploran o barren en busca de señales y procesan esas señales. La radio de GPS, una vez activada, recibe señales de satélites de GPS (1004) y calcula su posición geográfica. La grabadora de GPS (1008) anota todas esas lecturas cada segundo y las envía al gestor (1010) de archivos. La grabadora de Wi-Fi (1009) activa la radio según 802.11 con el fin de realizar una exploración o barrido cada décima de segundo, y asocia esas lecturas según 802.11 con las lecturas de GPS que llegan desde la radio GPS y envía los datos resultantes al gestor de archivos. El gestor de archivos recibe datos de exploración procedentes tanto de la grabadora de GPS como de la grabadora de Wi-Fi y crea archivos de almacenamiento en el dispositivo. Este procedimiento continúa todo el tiempo que el dispositivo sigue operativo y ambas radios están en funcionamiento.

En el gestor de carga (1003) existe un detector (1017) de punto caliente [lugar de alta densidad de recepción] que supervisa los resultados de la exploración según 802.11 en busca de la red configurada de puntos calientes (1024) a que el dispositivo está autorizado a acceder. Una vez que detecta un punto caliente válido, notifica su presencia al usuario. El usuario puede seleccionar conectarse al punto caliente mediante la activación del componente para crear conexión (1018). Este componente se asocia con el punto de acceso del punto caliente y crea una conexión según 802.11. A continuación, el módulo (1019) de autenticación de punto caliente suministra información de autenticación válida para el dispositivo. El punto caliente valida la cuenta y proporciona a continuación acceso a red al dispositivo. El gestor de carga inicia entonces el procedimiento (1020) de autenticación de servidor de carga con el fin de conectarse al servidor (1025) de red central, y proporciona información de autenticación válida. Una vez autenticado, se inicia el módulo (1021) carga y verificación de datos. Este módulo recupera los datos de exploración del dispositivo de almacenamiento (1011) de datos de exploración y carga los datos en el servidor de red central utilizando el FTP. El servidor de red central inicia un procedimiento para almacenar todos los datos en la base de datos de punto de acceso central. Una vez que se ha completado la carga, el procedimiento de carga traslada los datos de exploración desde el dispositivo de almacenamiento (1011) de datos de exploración al dispositivo de almacenamiento (1012) de datos de reserva existente en el dispositivo. Una vez que la carga ha sido completada y verificada, el módulo (1022) de nueva versión comprueba el servidor de red central para determinar si hay una nueva versión del software de cliente disponible para el dispositivo. Si existe una nueva versión, el software es descargado y el procedimiento de instalación (1023) de nueva versión comienza a actualizar el software del cliente. Una vez completado el procedimiento de instalación, se pone fin a la conexión con el servidor de red central, se pone fin a la conexión con el punto caliente y el dispositivo retorna a su funcionamiento de exploración normal.

Incluido en el cliente de exploración 704, existe un conjunto de utilidades que ayudan a gestionar el servicio y reducen los errores del sistema. El gestor de radio (1013) supervisa el funcionamiento de la radio de GPS y de la radio de Wi-Fi con el fin de asegurarse de que están funcionando adecuadamente. Si el gestor de radio encuentra un problema con una de las radios, reiniciará la radio. El controlador (1014) de interfaz de usuario presenta las herramientas y actualiza al usuario con el fin de que estas puedan hacer funcionar el dispositivo de manera efectiva.

La gestión y anotación (1015) de errores registra todos los problemas del sistema en el dispositivo y alerta al usuario de manera que estos puedan ser acometidos. Se recurre al módulo (1016) de reinicio del sistema cuando hay problemas que no pueden ser resueltos. Este módulo apaga o interrumpe el dispositivo y reinicia el hardware, el sistema operativo y el cliente de exploración con el fin de garantizar un funcionamiento apropiado.

5 Se escogió el intervalo de exploración según 802.11 de 1/10 de segundo ya que proporciona el periodo de barrido o exploración óptimo para el protocolo 802.11, bajo estas condiciones, utilizando hardware ya preparado y listo para usar. El 802.11b/g/n funciona utilizando 14 canales del espectro no sometido a licencia. Un punto de acceso individual radiodifunde su baliza de señal por uno de estos canales en cualquier momento dado. El dispositivo de exploración necesita supervisar cada canal para observar tantos puntos de acceso como sea posible. El intervalo de exploración se correlaciona con la velocidad promedio del vehículo de exploración con el fin de optimizar el modo como el cliente de exploración cubre el estado real de frecuencia de región concreta.

Servidor de red central

15 Haciendo referencia a la Figura 8, la flota de vehículos lleva a cabo sus rutinas de exploración al tiempo que circulan por sus rutas previamente diseñadas. De forma periódica, cada vehículo (801) se conectará a un punto de acceso según 802.11 disponible y se autenticará con el módulo (807) de comunicaciones de datos del servidor de red central. Típicamente, los puntos de acceso utilizados para comunicarse con el servidor de red central son puntos calientes públicos como los que se hacen funcionar por la T-mobile, con lo que se garantiza un acceso fiable y medido. La provisión de esta conexión puede ser realizada por medio de cualquier punto de acceso público disponible. El dispositivo de exploración se detiene en una posición de punto caliente próxima e inicia el procedimiento para conectarse al punto de acceso. Una vez autenticado, el cliente de exploración (104) identifica todos los datos de exploración recientemente recogidos del dispositivo de almacenamiento (703) y carga los datos en la base de datos (802) de red central.

20 Una vez que los datos han sido cargados en la base de datos, comienza el procedimiento (803) de análisis sintáctico y filtración. El procedimiento de análisis sintáctico y filtración lee todos los datos de exploración cargados y los carga en las tablas apropiadas de la base de datos. Durante este ejercicio, los datos son evaluados por lo que respecta a problemas de calidad. En algunos casos, el receptor de GPS puede grabar registros erróneos o de error durante un cierto periodo de tiempo, lo que podría afectar negativamente al cálculo de la posición final del punto de acceso. El procedimiento de análisis sintáctico y filtración identifica estos registros defectuosos y, o bien los corrige o bien los elimina del sistema. El procedimiento de filtración se sirve de técnicas de agrupamiento para deshacerse de las lecturas de GPS proclives a errores. Por ejemplo, si el 90% de las lecturas se encuentran dentro de una distancia de 200 metros unas de otras pero el 10% restante de las lecturas están alejadas 5 kilómetros, entonces esos datos extravagantes son retirados por el filtro y almacenados en una tabla “mala” de la base de datos para su análisis adicional. En particular, el sistema calcula, en primer lugar, el centroide ponderado para el punto de acceso utilizando todos los datos notificados. A continuación, determina la desviación típica basándose en la distribución de las posiciones notificadas. El sistema se sirve de un umbral definible basado en la sigma de esta distribución, a fin de retirar por filtración los puntos de acceso que son erróneos. Una vez que se han marcado estos registros de error, se vuelve a calcular el centroide con los registros de posición restantes, a fin de determinar el centroide final utilizando el método de triangulación inversa que se describe más adelante.

35 Nótese que los registros de error pueden ser el resultado de que se haya trasladado un punto de acceso. En este caso, el centroide para los puntos de acceso “saltará” rápidamente a la nueva posición basándose en la preponderancia de los registros. Una mejora adicional en el algoritmo incluirá un valor de ponderación basado en la antigüedad de los registros, de tal manera que los nuevos registros representan una indicación más significativa de la posición actual para un punto de acceso dado.

45 Una vez que se ha completado el procedimiento de análisis sintáctico, el sistema de red central inicia el modelo de triangulación inversa (804) y comienza a procesar o tratar los nuevos datos. Durante este procedimiento, 1) se añaden nuevos puntos de acceso a la base de datos y se calcula su posición física, y 2) los puntos de acceso existentes se reubican basándose en cualesquiera nuevos datos registrados por los escáneres. El algoritmo de triangulación inversa utiliza como factores el número de registros y sus intensidades de señal asociadas, a fin de ponderar las lecturas de señal más intensas más que las señales más débiles, con un modelo de promedio cuasiponderado.

50 Durante la recopilación de los datos, un usuario de WPS está equipado con un dispositivo receptor de Wi-Fi que mide la intensidad de señal recibida (RSS –“Received Signal Strength”) desde todos los puntos de acceso de Wi-Fi disponibles, y a continuación extrae información de posición de los puntos de acceso correspondientes. El valor de RSS de los puntos de acceso se muestra como sigue:

55 $(RSS_1, RSS_2, \dots, RSS_n)$

Si la posición de GPS registrada correspondiente del punto de acceso i se denota por $\{Lat_i, Long_i\}$, y la posición del punto de acceso calculada se denota por $\{Lat_i, Long_i\}$, la posición triangulada se encuentra aplicando el algoritmo como sigue:

$$Lat_u = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt[4]{10^{RSS_i/10}} Lat_i}{\sum_{i=1}^n \sqrt[4]{10^{RSS_i/10}}}$$

$$Long_u = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt[4]{10^{RSS_i/10}} Long_i}{\sum_{i=1}^n \sqrt[4]{10^{RSS_i/10}}}$$

5 Se ha escogido la raíz a la cuarta potencia por facilidad de implementación del algoritmo, puesto que la raíz a la cuarta potencia es lo mismo que extraer dos raíces cuadradas.

El segundo punto se refiere al ajuste del intervalo dinámico de los coeficientes. Si el intervalo dinámico de los coeficientes representa un problema, el coeficiente del algoritmo puede ser dividido por un número constante, por ejemplo:

$$Lat_u = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sqrt[4]{10^{RSS_i/10}}}{C} Lat_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\sqrt[4]{10^{RSS_i/10}}}{C}}$$

10

$$Long_u = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sqrt[4]{10^{RSS_i/10}}}{C} Long_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\sqrt[4]{10^{RSS_i/10}}}{C}}$$

15

El parámetro C puede ser cualquier número y ello no afecta a los resultados, en teoría. Como el promedio ponderado está basado en la relación de los coeficientes y no en el valor absoluto, en teoría, el hecho de dividir todos los coeficientes por un valor constante, C, no tiene ningún efecto en los resultados, pero cambia el intervalo dinámico de los valores de los coeficientes. Este $\{Lat_i, Long_i\}$ final se utiliza entonces como el valor del centro final para la ubicación del punto de acceso. La latitud y la longitud serán entonces almacenadas en la base de datos, incluyendo un sello temporal para indicar cuán reciente es el cálculo de triangulación.

20

Una vez que la base de datos de red central ha sido actualizada y se ha reubicado cada punto de acceso, el dispositivo formador (805) de paquetes de datos crea subconjuntos de la base de datos basándose en regiones del país o del mundo. El dispositivo formador de paquetes facilita la distribución de la base de datos para una variedad de los casos de uso en la que tan solo son de interés ciertas geografías regionales. El dispositivo formador de paquetes está configurado con coordenadas regionales que representan países, zonas o husos horarios y áreas metropolitanas. Utilizando esta técnica, un usuario puede descargar solo los datos de posición para la costa este de los Estados Unidos. El dispositivo formador de paquetes segmenta los registros de datos y, a continuación, los comprime.

25

30

El módulo (806) de gestión de flotas ayuda al personal de operaciones a gestionar los vehículos de exploración y a asegurarse de que se someten a los procedimientos de encaminamiento. Este módulo procesa o trata todos los datos de exploración y construye el recorrido o camino de posiciones para cada vehículo del sistema. El gestor de operaciones puede crear mapas del recorrido del vehículo utilizando el dispositivo (808) formador de mapas para inspeccionar visualmente la cobertura para una región particular. Los datos de seguimiento de GPS procedentes de cada vehículo son revisados con un software de trazado de mapas de ruta, a fin de verificar que se completa la cobertura y para identificar las áreas que faltan. Esta capacidad para auditar y verificar la uniformidad de la cobertura garantiza que el sistema está obteniendo los mejores datos posibles. El módulo también calcula el tiempo de conducción del vehículo con el fin de determinar la velocidad promedio y sustraer o descontar cualquier tiempo muerto. Estos datos de salida son utilizados para supervisar la eficiencia del sistema en su conjunto y en el

35

planeamiento de la cobertura futura.

Se apreciará que el ámbito de la presente invención no está limitado a las realizaciones anteriormente descritas, sino que, en lugar de ello, se define por las reivindicaciones que se acompañan; y que estas reivindicaciones abarcarán modificaciones y mejoras a lo que ha sido descrito.

5

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para ubicar puntos de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) dentro de un área geográfica de objetivo, a fin de construir una base de datos de referencia (104; 905) de posiciones de puntos de acceso de Wi-Fi, que comprende:
- 5 desplegar al menos un vehículo (201; 401; 701; 801) que incluye al menos un dispositivo de barrido o exploración (202; 702) que tiene un dispositivo de GPS (705) y un dispositivo de radio de Wi-Fi (706) y que incluye un sistema de antenas de Wi-Fi (709);
- 10 atravesar el área de objetivo en una ruta programática para evitar el sesgo arterial, de tal manera que dicha ruta programática incluye sustancialmente todas las calles transitables al tráfico rodado que existen dentro del área geográfica de objetivo, y resolver un problema de ciclo euleriano de un gráfico representado por dichas calles transitables al tráfico rodado;
- recibir periódicamente, mientras se atraviesa el área de objetivo, las coordenadas de GPS del dispositivo de GPS (705);
- 15 detectar, al tiempo que se atraviesa el área de objetivo, señales de Wi-Fi procedentes de puntos de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) situados dentro del alcance del dispositivo de Wi-Fi (706), y registrar o grabar información de identidad del punto de acceso de Wi-Fi detectado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104), en combinación con información de posición de GPS del vehículo (201; 401; 701; 801) cuando se ha realizado la detección del punto de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104);
- 20 utilizar dicha información de posición para realizar una triangulación inversa de la posición del punto de acceso de Wi-Fi detectado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104); y
- registrar o grabar la posición del punto de acceso detectado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) en una base de datos de referencia (104; 905).
- 2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el área geográfica de objetivo tiene un radio del orden de decenas de kilómetros.
- 25 3.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la ruta programática se determina utilizando el algoritmo de encaminamiento del cartero chino.
- 4.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la base de datos de referencia (104; 905) está situada remotamente o a distancia y se carga información de posición de los puntos de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) dentro de la base de datos de referencia (104; 905) a través de una red de acceso de Wi-Fi.
- 30 5.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, cuando se detectan señales de Wi-Fi, se realizan algunas lecturas de señales de Wi-Fi para un punto de acceso de Wi-Fi dado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104), de tal manera que se forma un conjunto de lecturas para el punto de acceso de Wi-Fi dado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104), y de tal modo que dicho conjunto de lecturas se utiliza cuando se determina la posición del punto de acceso de Wi-Fi detectado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104).
- 35 6.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, cuando se detecta una intensidad de señal de punto de acceso de Wi-Fi, se calcula y registra información acerca de la señal procedente del punto de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104), por parte del dispositivo de exploración (202; 702).
- 7.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se detecta un punto de acceso de Wi-Fi dado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) desde tantos ángulos diferentes como sea posible, dada la organización de las calles transitables al tráfico rodado.
- 40 8.- El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual se detecta un punto de acceso de Wi-Fi dado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) desde tantos ángulos diferentes como sea posible, dada la organización de las calles transitables al tráfico rodado, y en el que se determina y graba un perfil de potencia de intensidades de señal para un punto de acceso de Wi-Fi dado (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104).
- 45 9.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el sistema de antenas de Wi-Fi (709) incluye antenas direccionales y en el que el dispositivo de barrido o exploración (202; 702) registra un vector de origen de un punto de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) basándose en intensidades de señal diferentes recibidas por el punto de acceso de Wi-Fi (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) en las antenas direccionales.
- 10.- El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el cual las coordenadas de GPS del vehículo (201; 401; 701; 801) son supervisadas aproximadamente cada segundo con el dispositivo de GPS (705) funcionando en modo continuo.
- 50 11.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el dispositivo de Wi-Fi (706) envía peticiones de prueba

y registra información de posición de GPS aproximadamente cada décima de segundo.

12.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se ubican o localizan puntos de acceso (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104) para una pluralidad de áreas de objetivo.

5 13.- El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la base de datos de referencia (104; 905) mantiene información de posición para los puntos de acceso detectados (102; 203; 402; 408, 409; 707; 904; 1104), para la pluralidad de áreas de objetivo, y en el cual la información se organiza basándose en el área de objetivo.

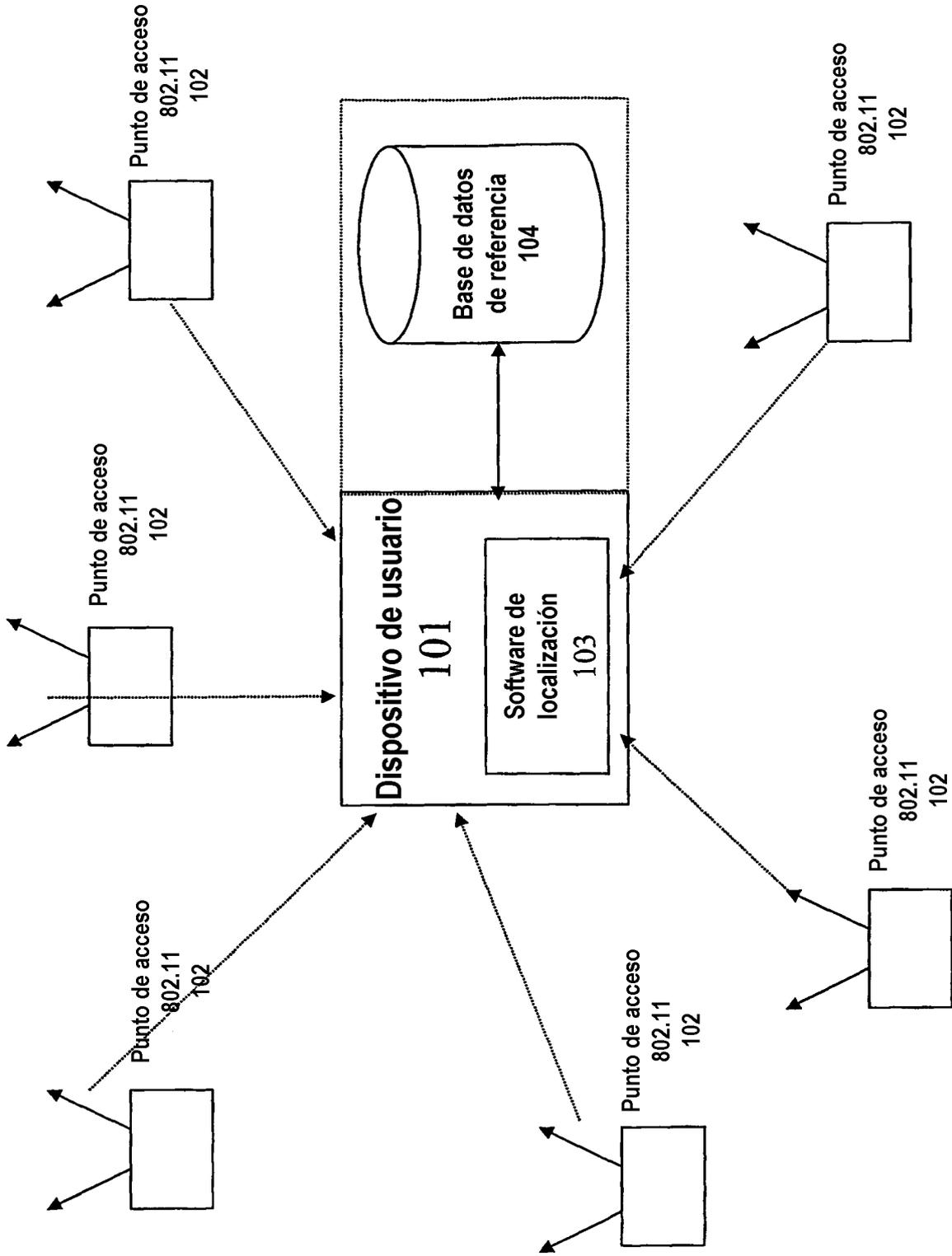


Figura 1

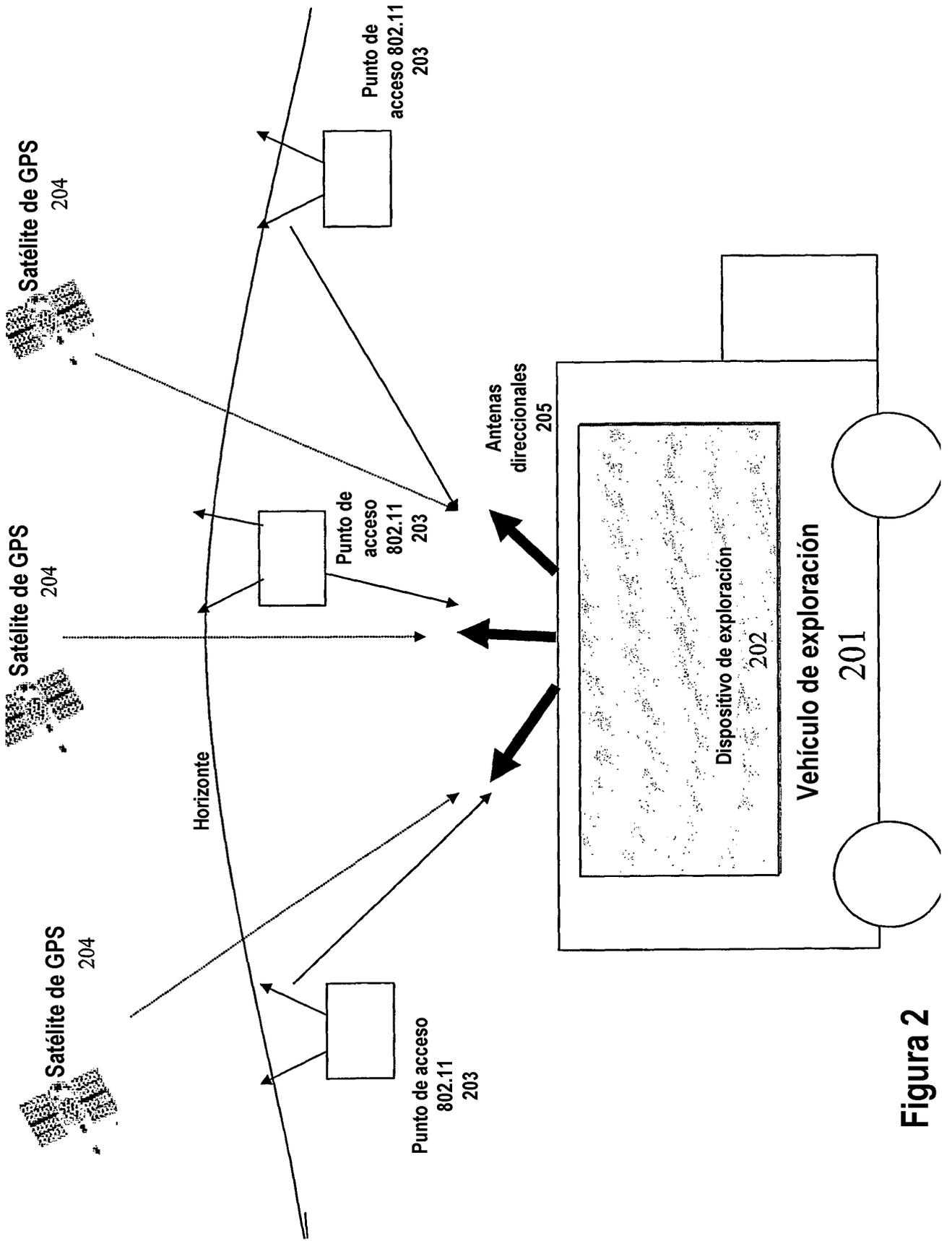


Figura 2

Figura 3: Ejemplo de contexto de exploración que presenta sesgo arterial

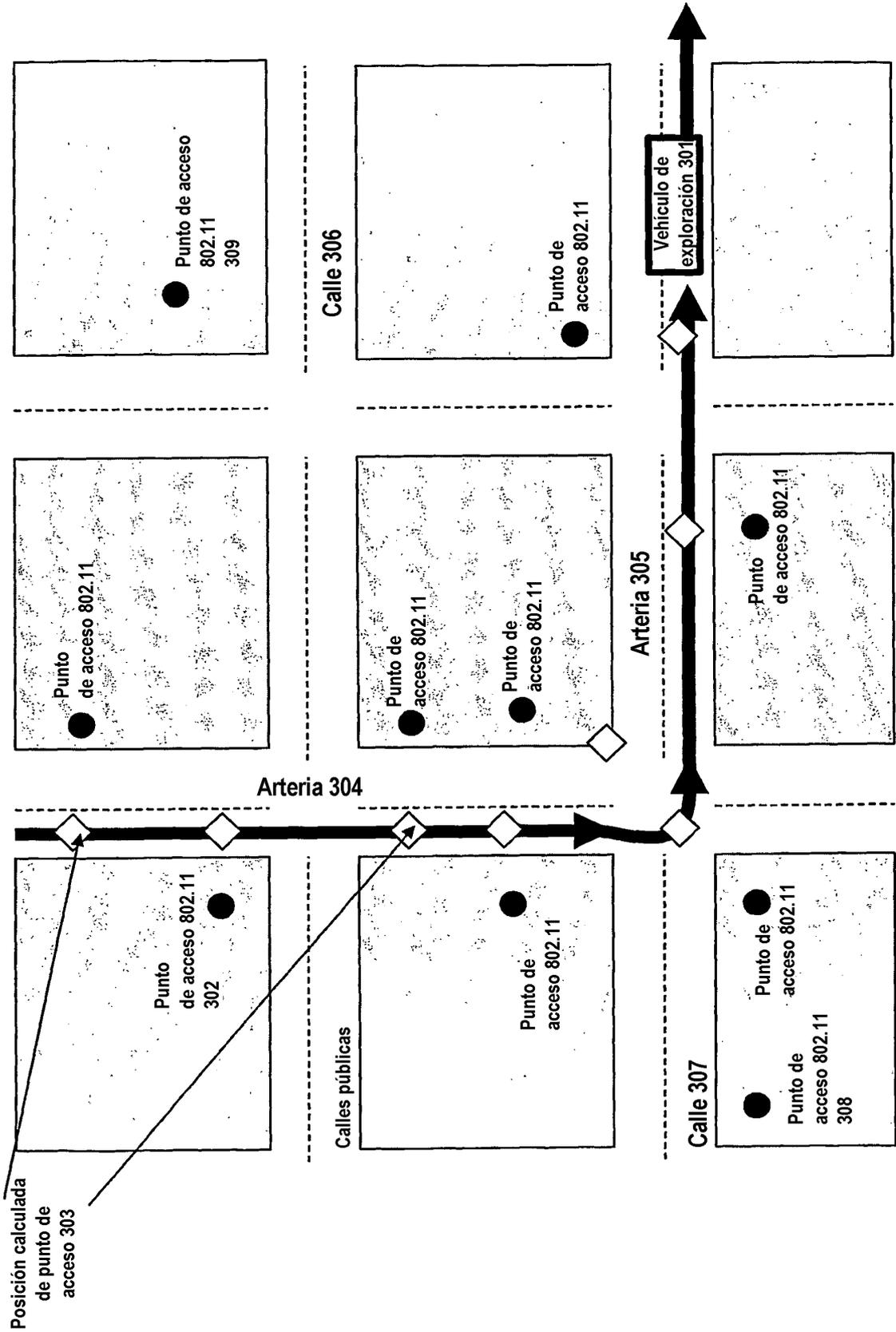


Figura 5: Falta de simetría de referencia

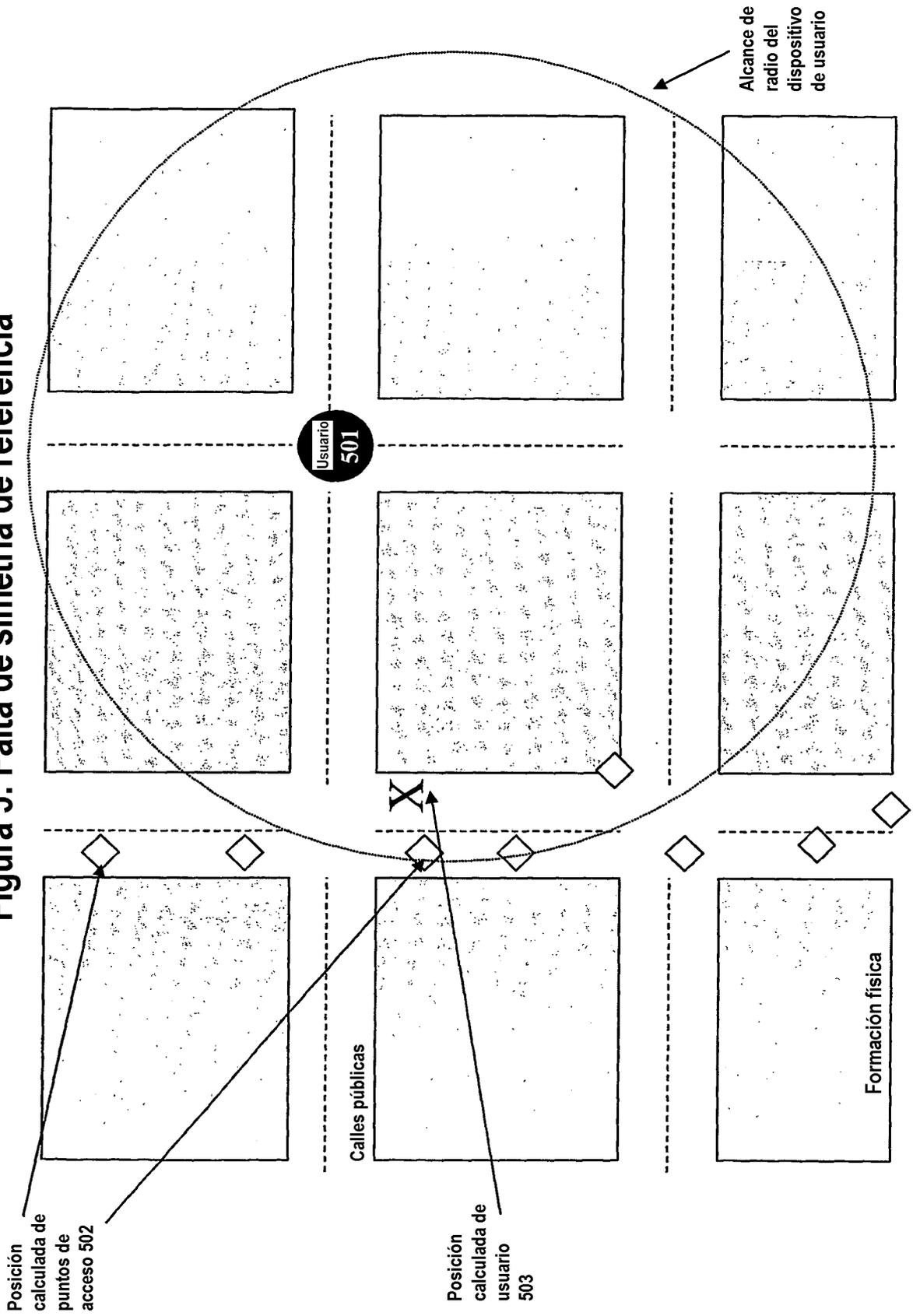
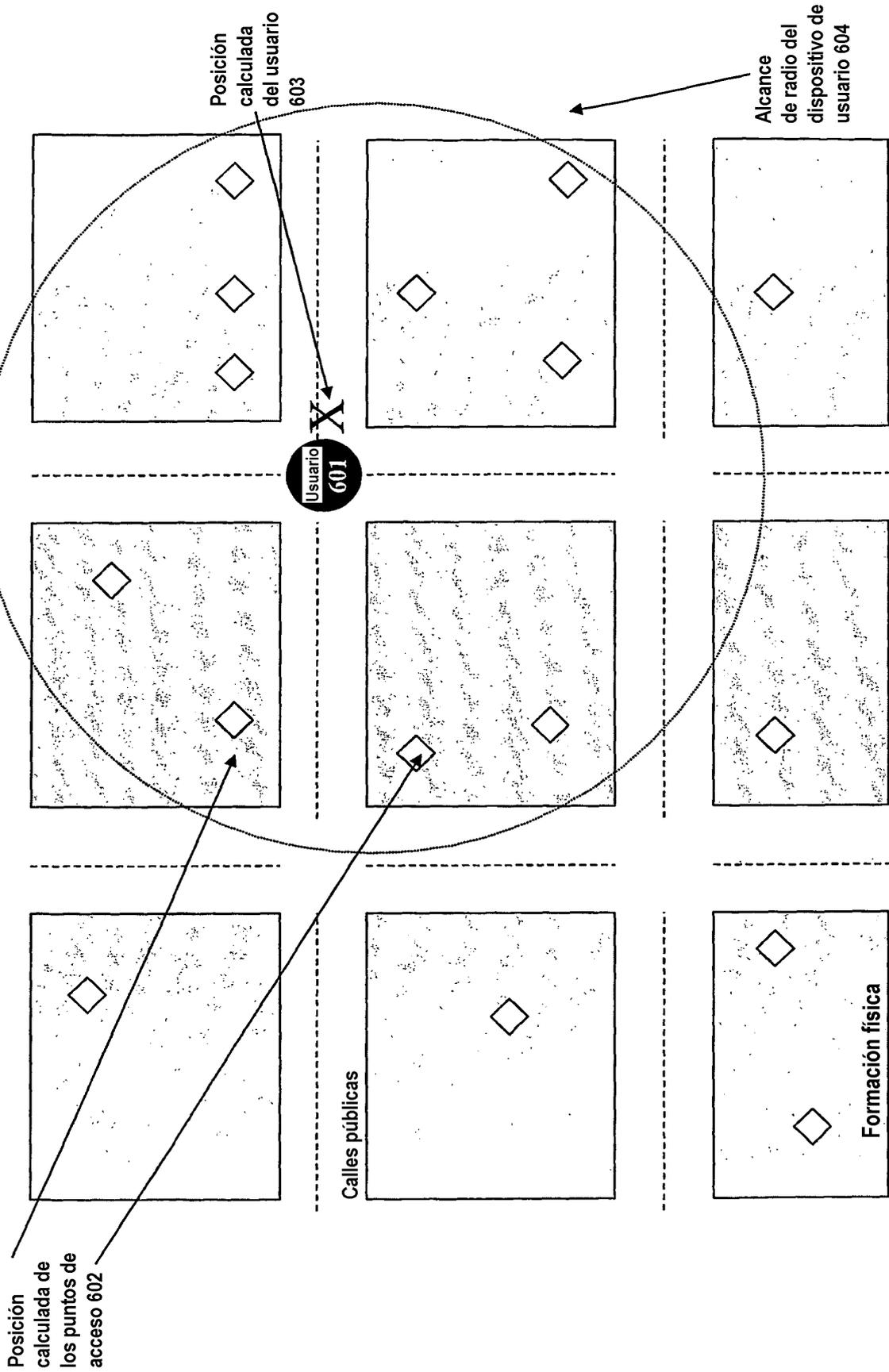


Figura 6: Localización con simetría de referencia



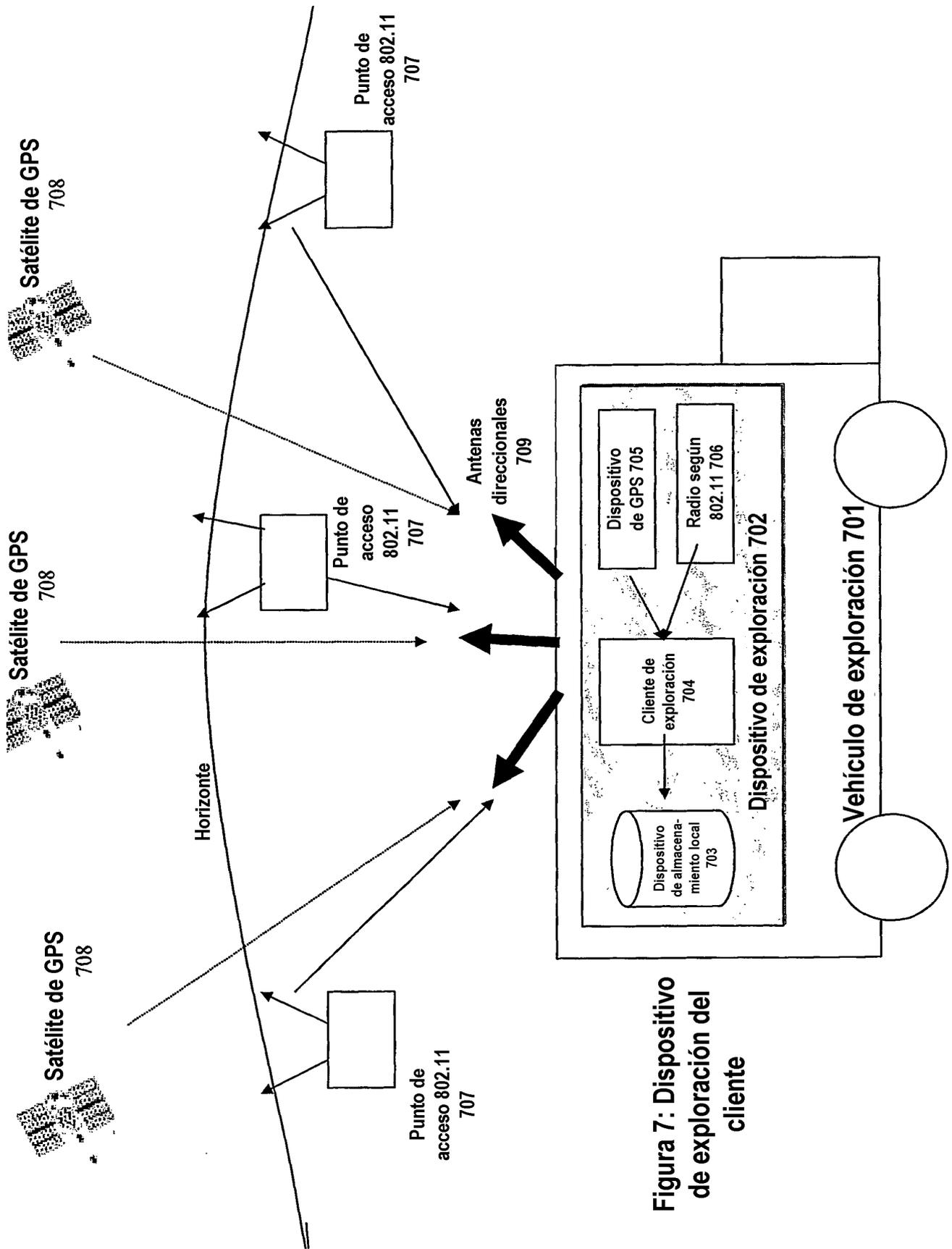
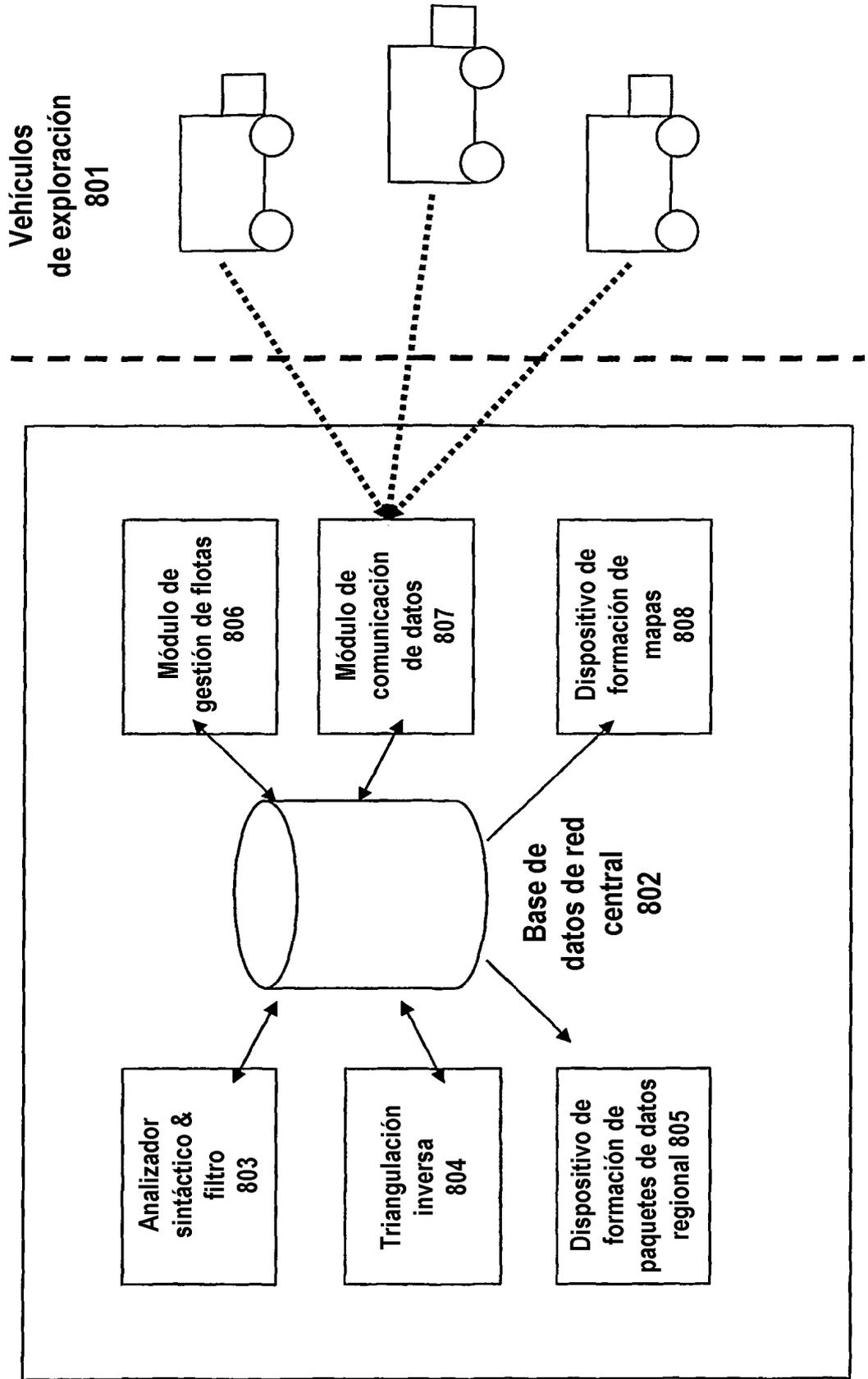


Figura 7: Dispositivo de exploración del cliente

Figura 8: Servidor de red central



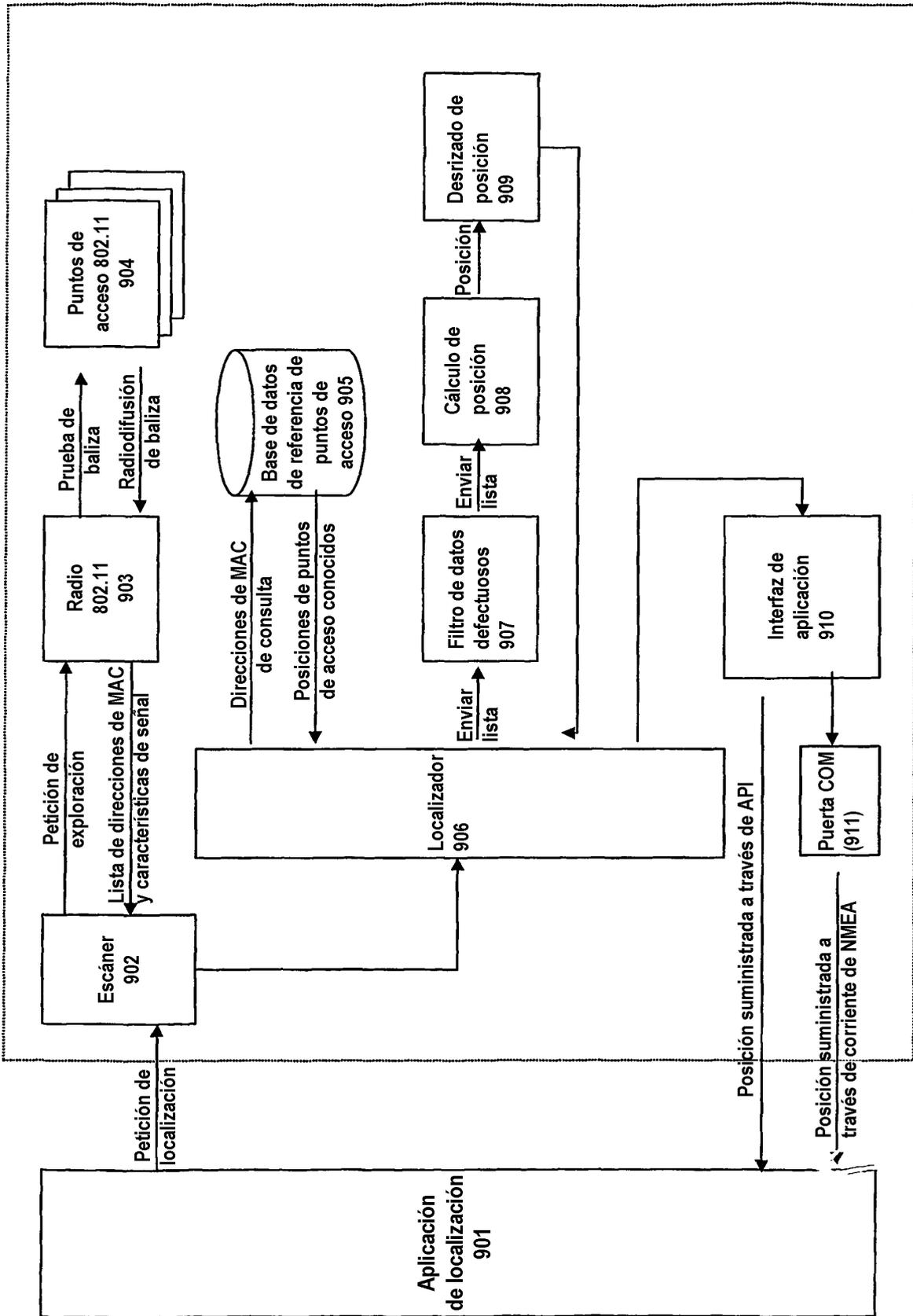


Figura 9: Software de localización

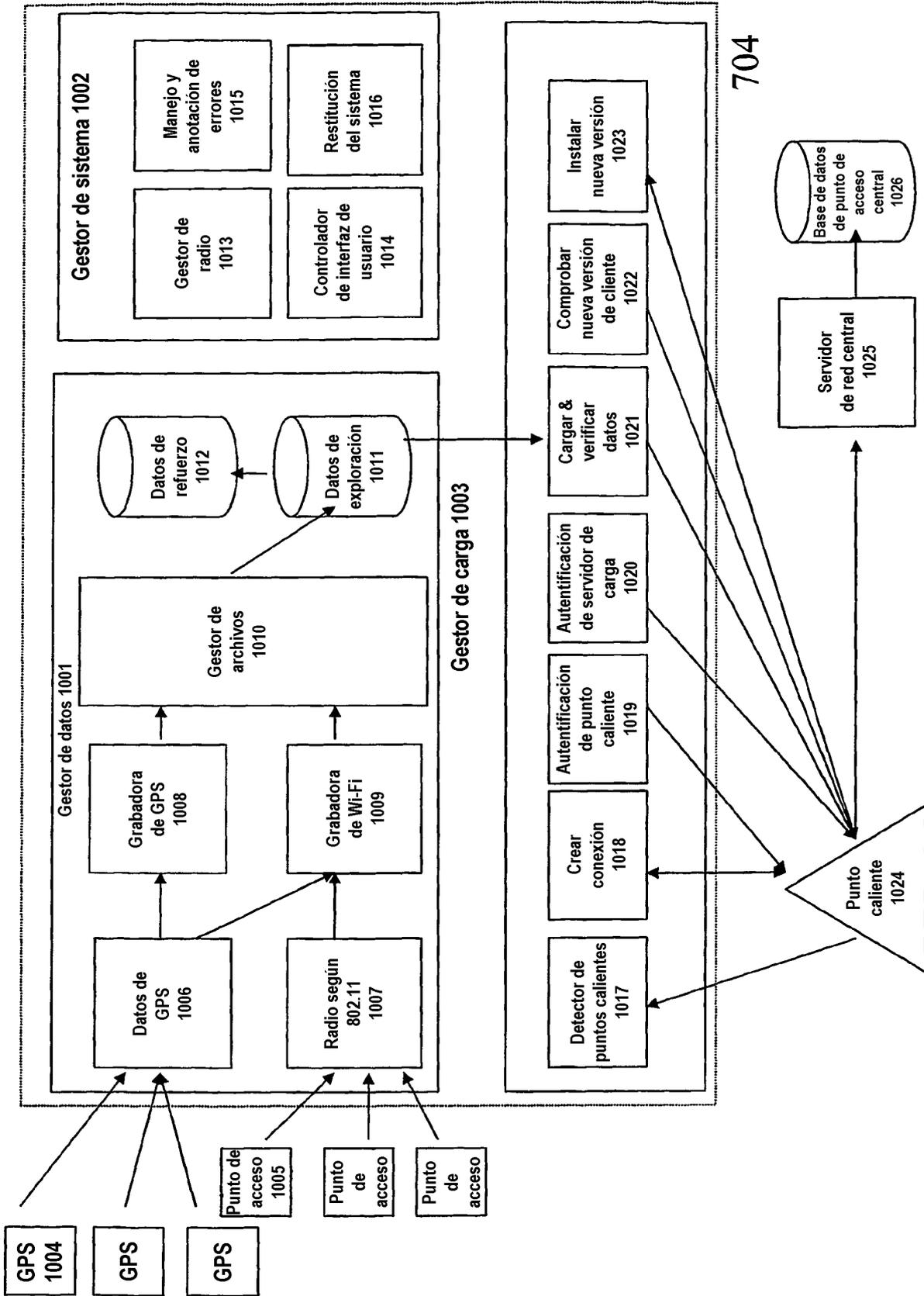
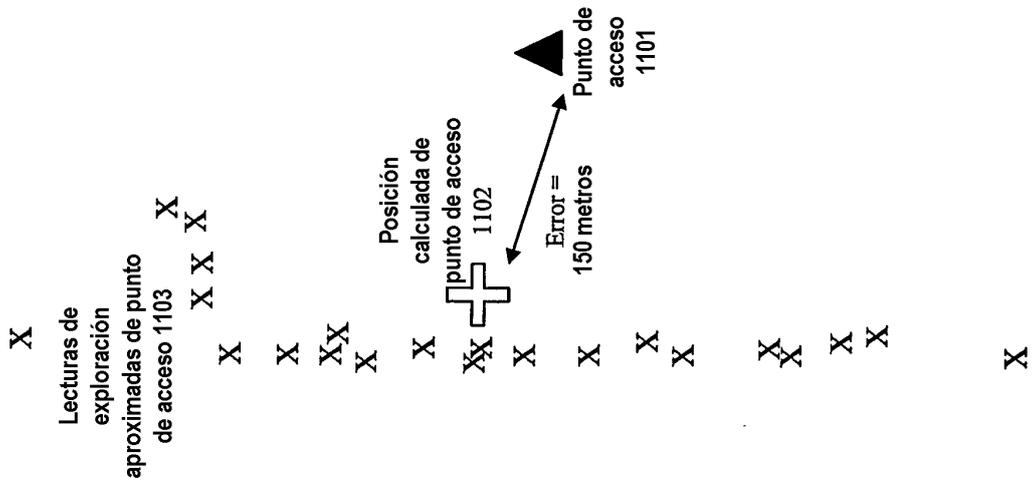


Figura 10: Cliente de exploración

Modelo de exploración aleatoria



Modelo de exploración del cartero chino

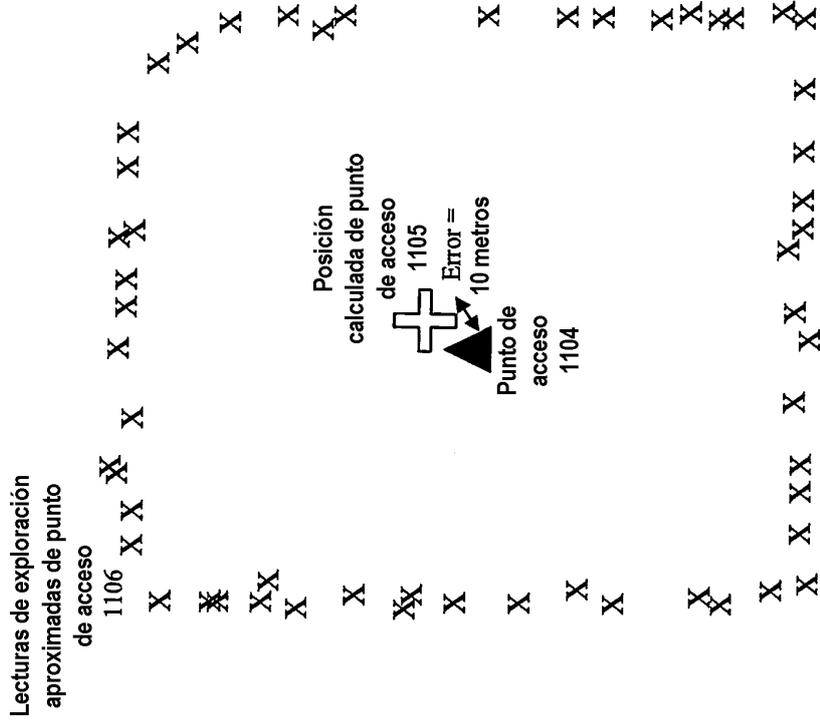


Figura 11: Comparación de modelos de exploración

X