

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 920 837**

51 Int. Cl.:

**G01C 21/32** (2006.01)

**G01C 21/16** (2006.01)

**G01C 21/20** (2006.01)

**H04W 4/02** (2008.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2016 PCT/IB2016/055233**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2017 WO17042672**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2016 E 16843762 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022 EP 3347677**

54 Título: **Navegar, seguir y posicionar los dispositivos móviles en zonas sin GPS o con GPS inexacto con la generación automática de mapas**

30 Prioridad:

**10.09.2015 US 201562216575 P**

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

**10.08.2022**

73 Titular/es:

**ORIENT NEW MEDIA LTD. (100.0%)  
7 Dov Carmy Street  
6954407 Tel-Aviv, IL**

72 Inventor/es:

**FRISH, AMIRAM;  
REIF, DROR y  
BALTER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro**

**ES 2 920 837 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

Navegar, seguir y posicionar los dispositivos móviles en zonas sin GPS o con GPS inexacto con la generación automática de mapas

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a la cartografía y, en particular, concierne a la cartografía y los dispositivos móviles.

10

Antecedentes de la invención

Los dispositivos móviles personales se usan actualmente para proporcionar una variedad de servicios. Un servicio es la navegación. La navegación al aire libre puede aprovecharse de una variedad de entradas y sensores, por ejemplo, GPS. La navegación en áreas sin GPS o con GPS inexacto requiere nuevos métodos y sistemas para navegar, rastrear y ubicar dispositivos móviles, por ejemplo, en interiores, calles urbanas densas y subterráneas con edificios altos, cañones naturales y entornos similares.

15

Una técnica anterior del documento WO2013188597 (A2) describe métodos y sistemas para cartografiar características irregulares. En una modalidad, un método implementado por ordenador puede incluir obtener datos de seguimiento que tienen datos de seguimiento de navegación a estima para un sujeto seguido a lo largo de una trayectoria y realizar la corrección de forma en los datos de seguimiento para proporcionar una primera estimación de la trayectoria.

20

Otra publicación WO2015121677 (A1) describe un método para determinar una posición de un dispositivo móvil mediante el uso de un modelo. El modelo comprende un gráfico que comprende un conjunto de vértices y un conjunto de aristas entre los vértices, y una o más funciones de características que toman como entrada uno o más vértices del gráfico y un conjunto de observaciones para el dispositivo, y devuelven un valor de característica. El modelo se construye al obtener un mapa del área geográfica, construyendo el gráfico mediante el uso del mapa, en donde los vértices del gráfico corresponden a áreas del mapa, y dos vértices están unidos por una arista cuando las áreas correspondientes a los vértices son adyacentes y puede ser recorrido por un dispositivo, y construyendo una o más funciones de características mediante el uso del gráfico, en donde el valor de característica de una o más funciones de características indica la medida en la que las observaciones soportan que el dispositivo se posicione en las áreas correspondientes al uno o más vértices del gráfico. El método entonces comprende las etapas de: obtener un conjunto de observaciones de los sensores del dispositivo; determinar la trayectoria para el dispositivo que optimiza los valores dados por las funciones de características dadas para el conjunto de observaciones; y determinar la posición del dispositivo para que sea el punto final de la trayectoria.

25

30

35

Resumen

40

Un objeto de la presente invención es un método para cartografiar en áreas sin GPS o con GPS inexacto con la generación automática de mapas según las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de las figuras

45

La modalidad se describe en la presente descripción, a manera de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos acompañantes, en donde:

50

La Figura 1 es un diagrama de alto nivel de un sistema para cartografiar, rastrear y navegar en áreas sin GPS o con GPS inexacto.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método para cartografiar (método para generar un mapa de carriles peatonales).

55

La Figura 3 es un boceto de un ejemplo de AMGU.

La Figura 4 es un boceto de una generación de mapas AMGU con estimaciones de deriva de trayectorias,

60

La Figura 5 es un esquema de navegación en tiempo real con corrección de estimación de trayectoria.

La Figura 6 es un boceto de un túnel de correlación en un espacio de oficina típico.

65

La Figura 7 es un diagrama de flujo, de un método de posicionamiento (método de posicionamiento y navegación mediante el uso de un mapa de carriles peatonales).

La Figura 8 es un diagrama de bloques parcial de alto nivel de un sistema ilustrativo configurado para implementar el sistema de la presente invención.

## Abreviaturas y definiciones

- 5
- Para facilitar la consulta, esta sección contiene una breve lista de abreviaturas, acrónimos y definiciones breves que se usan en este documento. Esta sección no debe considerarse limitativa. Se pueden encontrar descripciones más completas a continuación y en los estándares aplicables.
- 10
- AMGU - Generación y Actualización Automática de Mapas.
- Baliza BLE - baliza Bluetooth de baja energía, un dispositivo inalámbrico que transmite periódicamente un paquete Bluetooth de baja energía.
- 15
- Fuente Colectiva - obtener información o entrada de una tarea o proyecto en particular al contratar los servicios de varias personas o dispositivos. El proceso de obtener servicios, ideas o contenido necesarios solicitando contribuciones de un gran grupo de personas o dispositivos.
- 20
- INS - Sistema de Navegación Inercial.
- Carril: en el contexto de este documento, el término "carril" o "carriles peatonales" generalmente se refiere a una convergencia de trayectorias, en otras palabras, el patrón de caminar creado por personas que caminan en un ambiente interior (con dispositivos móviles),
- 25
- Estimación(ciones) de carril - una estimación de un carril en base a una o más estimaciones de trayectoria, usualmente varias estimaciones de trayectoria cercanas entre sí convergen en una estimación de carril.
- Descarga diferida - Similar a una "carga diferida", pero usualmente en la dirección opuesta, es decir, desde un servidor o nube a un dispositivo móvil.
- 30
- Carga diferida - Carga (envío o recuperación) de datos cuando una conexión y ancho de banda están disponibles, usualmente después de un retraso en el tiempo desde que se recopilan/generan los datos. Una carga diferida es usualmente desde un dispositivo móvil a un servidor para datos que no requieren carga, o no son sensibles al tiempo, no son en tiempo real y se pueden cargar con un retraso, posiblemente mucho más tarde que cuando los datos están disponibles. Un uso típico es cargar datos recopilados por un teléfono móvil durante el día, mientras no se usa (evitar el uso de) el ancho de banda de datos móviles durante el día, en su lugar usar Wi-Fi local cuando el teléfono móvil regresa a casa por la noche o durante la noche. Tenga en cuenta que si una conexión y un ancho de banda suficiente están disponibles, los datos que normalmente se comunican a través de una carga diferida se pueden comunicar antes, con menos retraso o sin retraso, por ejemplo, en tiempo real.
- 35
- 40
- Integral de línea - una integral donde la función a integrar se evalúa a lo largo de una curva. También se hace referencia en la técnica como una integral de trayectoria, integral de curva, integral curvilínea e integral de contorno también. La función a integrar puede ser un campo escalar o un campo vectorial. El valor de la integral de línea es la suma de los valores del campo en todos los puntos de la curva, ponderados por alguna función escalar de la curva. Esta ponderación distingue la integral de línea de integrales más simples definidas en intervalos.
- 45
- LMV - Vector de medición de ubicación, un grupo de una o más mediciones.
- 50
- Mapa - en el contexto de este documento, el término "mapa" generalmente se refiere a un innovador mapa de navegación de carriles peatonales en interiores, también conocido como mapa para interiores, mapa de navegación para áreas interiores, mapa de navegación, mapa de navegación para áreas, mapa de carriles y mapa de carriles peatonales.
- 55
- Dispositivo móvil - Usualmente un teléfono inteligente moderno, generalmente un dispositivo que se mueve o se puede mover, que incluye uno o más sensores que brindan datos respecto a la ubicación y al movimiento del dispositivo.
- Trayectoria del dispositivo móvil - una trayectoria de viaje física y real tomada por un dispositivo móvil. Una trayectoria recorrida por un dispositivo móvil.
- 60
- MRC - Combinación de Relación Máxima.
- Trayectoria: en el contexto de este documento, el término "trayectoria" generalmente se refiere a una trayectoria de viaje (real, física) tomada por un dispositivo móvil y, usualmente, la persona correspondiente que lleva el dispositivo móvil. Las trayectorias se representan mediante estimaciones de trayectorias y UPF, que luego se combinan para converger en un carril (carriles peatonales) que representa los patrones de tráfico similares a carriles creados por los peatones.
- 65

Estimación(ciones) de trayectoria: una determinación inicial en base a datos de sensores de la ubicación y el movimiento de un dispositivo móvil. Usualmente representado por un vector de mediciones en momentos determinados, por ejemplo, un vector de medición de ubicación (LMV).

5 Partición de trayectoria - Identificación inicial de un posible cruce.

PDR -Navegación a estima para Peatones.

PLM - Mapa de carriles peatonales.

10

RSSI - Indicador de intensidad de la señal de radio.

PL - Pérdida de trayectoria.

15

QR - Código de respuesta rápida.

SLAM - Localización y mapeo simultáneos.

TDOA - Diferencia horaria de llegada.

20

TOA - Hora de llegada.

UPF - Características Únicas de la Trayectoria.

25

Descripción detallada - primera modalidad - figuras 1 a 8

Los principios y la operación del sistema y método de acuerdo con una modalidad presente se pueden entender mejor con referencia a los dibujos y la descripción acompañante. Una presente invención es un sistema para cartografiar, rastrear, posicionar y navegar en áreas sin GPS o con GPS inexacto. El sistema facilita la generación precisa y automática de un mapa de carriles peatonales (PLM) en base a características de trayectorias únicas (UPF) de colaboración colectiva en combinación con carriles asociados de una pluralidad de dispositivos móviles. Una característica innovadora de la modalidad actual es buscar y hacer coincidir las UPF recién generadas y las estimaciones de trayectorias asociadas con un mapa de carriles peatonales con UPF conocidas y carriles asociados (o estimaciones de carriles). La localización y el mapeo simultáneos (SLAM) se realizan al navegar para generar mapas nuevos y actualizar los existentes.

30

35

Las áreas sin GPS o con GPS inexacto incluyen interiores (dentro de edificios), calles urbanas densas y subterráneas con edificios altos, cañones naturales y entornos similares. A un alto nivel, una modalidad preferida típica de un sistema incluye dispositivos móviles con sensores, medios de comunicación inalámbricos y, en algunas modalidades, también un servidor. Un mapa de carriles peatonales ("mapa de navegación" o simplemente "mapa" se genera, actualiza y se usa automáticamente para el posicionamiento y la navegación en tiempo real de los dispositivos móviles. Los dispositivos móviles toman mediciones de los sensores continuamente, mientras el dispositivo móvil se mueve a lo largo de una trayectoria de dispositivo móvil. Las mediciones se envían a un procesador (sistema de procesamiento) donde el Sistema de navegación inercial (INS) o el Sistema de navegación a estima para peatones (PDR) generan una estimación de trayectoria y se calculan las características de trayectoria únicas (UPF). Las UPF son resistentes a la orientación del dispositivo, el ruido de los sensores, la deriva, el sesgo y la interferencia. Una característica (UPF) importante de este tipo es la integral de la trayectoria tomada sobre las mediciones magnéticas, y varias variaciones de este método se describen a continuación. Otras funciones (UPF) que pueden usarse se basan en estimaciones de RF (radiofrecuencia) conocidas tales como RSSI (indicador de intensidad de la señal de radio), PL (pérdida de trayectoria), TDOA (diferencia horaria de llegada) y TOA (hora de llegada). Si bien estas técnicas son conocidas para la determinación de la ubicación convencional, la modalidad actual usa estas técnicas en un método innovador para identificar de manera única una trayectoria (no una ubicación). Un enfoque general introduce la autocorrelación de mediciones de vector de trayectoria (huellas dactilares), una función para la identificación de trayectoria única. La estimación de la trayectoria y las UPF de múltiples dispositivos móviles (por ejemplo, de origen colectivo) se usan para generar y actualizar automáticamente el mapa de carriles peatonales con trayectorias, cruces y carriles y las características únicas (UPF) correspondientes a lo largo del tiempo. Para este propósito, se analizan a continuación varias trayectorias-secciones de coincidencia, fusión y optimización, así como también métodos de identificación de cruces, carriles y cambios de entorno. Se puede agregar una geocerca al mapa de carriles peatonales con el propósito de visualizar los límites o las paredes, creando así un plano de planta esquelético o áreas de movimiento de peatones. El mapa de carriles peatonales generado proporciona un medio para ubicar y rastrear un dispositivo móvil en tiempo real, corregir la estimación de la trayectoria INS/PDR del dispositivo, encontrar una trayectoria desde la ubicación de origen hasta la ubicación de destino, generar instrucciones de guía para la navegación y permitir a los usuarios marcar y añadir información en el mapa de carriles peatonales. Si bien se describe una modalidad preferida con respecto a un mapa interior, en base a esta descripción, un experto en la técnica podrá implementar la generación y el posicionamiento para entornos interiores, exteriores y combinados.

40

45

50

55

60

65

Con referencia ahora a los dibujos, la Figura 1 es un diagrama de alto nivel de un sistema para cartografiar, rastrear y navegar en áreas sin GPS o con GPS inexacto. Un dispositivo móvil 116 incluye sensores 100 y un sistema de procesamiento tal como el procesador ilustrativo 114. Los sensores incluyen, entre otros, un acelerómetro S01, un giroscopio S02, un magnetómetro S03, un barómetro S04, sensores de radio S05, un GPS S06 y otros sensores S0X. El procesador 114 puede incluir uno o más procesadores y/o coprocesadores, usualmente locales para el dispositivo móvil 116. Uno o más de los sensores 100 generan datos de sensor 102 que se reciben por el procesador 114. Los datos de sensor se envían a un módulo de INS/PDR local 104 y a un módulo de UPF 106 local. El módulo de INS/PDR local 104 emite los datos generados (incluyendo mediciones y estimaciones) al módulo de UPF local 106 y a una GUI 110. El módulo de INS/PDR local 104 puede intercambiar datos con el módulo de UPF local 106. Tanto el módulo de INS/PDR local 104 como el módulo de UPF local 106 emiten mediciones (datos de medición) que se envían a un módulo de búsqueda y coincidencia 108 y, opcionalmente, a través de la "carga diferida" 170 (conexión 170A) al servidor 130 a un módulo de generación y actualización automática de mapas (AMGU) 120. La retroalimentación para la corrección 118 se envía desde el módulo de búsqueda y coincidencia 108 al módulo de INS/PDR local 104. El módulo de búsqueda y coincidencia 108 usa una copia local 112 del mapa de carriles peatonales para el procesamiento (mapeo, seguimiento, posicionamiento y navegación) en el dispositivo móvil 116. El módulo de AMGU 120 emite resultados tales como carriles y UPF asociados tanto al módulo de análisis/GUI 122 del desarrollador como para actualizar 126 datos de mapas de carriles peatonales 124 (datos de mapas de navegación). Los datos del mapa de carriles peatonales 124 se pueden descargar 128 por el servidor 130 o recuperar por el dispositivo móvil 116 según sea necesario, deseado o requerido. Similar a una "carga diferida", la descarga de mapa 128 puede ser una "descarga diferida". Los datos del mapa de carriles peatonales descargados 124 se pueden almacenar en el dispositivo móvil 116 como una copia local 112 del mapa de carriles peatonales. El módulo de búsqueda y coincidencia 108 usa entonces la copia local 112 del mapa de carriles peatonales actualizado para el procesamiento futuro. En la figura actual no se muestra la actualización de la copia local 112 del mapa de carriles peatonales por el módulo de búsqueda y coincidencia 108, ni otras actualizaciones desde el dispositivo móvil 116, el procesador 114 o el módulo de búsqueda y coincidencia 108 al servidor 130.

Alternativamente o en adición al procesamiento descrito anteriormente, el procesamiento de servidor opcional 160 incluye datos de sensor 102 que se envían a través de carga diferida 170 (conexión 170B) al servidor 130 al módulo de INS/PDR 164 del servidor y al módulo de UPF 166 del servidor. El módulo de INS/PDR 164 del servidor puede intercambiar datos con el módulo servidor UPF 166. De manera similar al funcionamiento del módulo de INS/PDR local 104 y el módulo de UPF local 106 que envían mediciones de salida a un módulo de búsqueda y coincidencia 108, el módulo de INS/PDR 164 del servidor y el módulo de UPF 166 del servidor emiten mediciones al AMGU 120. Similar a la retroalimentación para la corrección 118 que se emite desde el módulo de búsqueda y coincidencia 108 al módulo de INS/PDR local 104, la retroalimentación 168 se emite desde el AMGU 120 al módulo de INS/PDR 164 del servidor. En base a la descripción actual, un experto en la técnica se dará cuenta de las funciones similares de los módulos de INS/PDR (104, 164), los módulos de UPF (106, 166) y el módulo de búsqueda y coincidencia 108/módulo AMOU 120. Para mayor claridad, la descripción actual generalmente se referirá solo a los módulos locales (INS/PDR local 104, UPF local 106 y módulo de búsqueda y coincidencia 108) con la función de los módulos de servidor (servidor INS/PDR 164, servidor UPF 166, y AMGU 120) evidente para un experto en la técnica. De manera similar, la generación y actualización de mapas de carriles peatonales puede ocurrir con uno o más mapas de carriles peatonales locales en el dispositivo móvil 116, uno o más mapas de carriles peatonales globales (maestros) en el servidor 130, o ambos localmente y globalmente en paralelo o asincrónicamente en dependencia de los parámetros del sistema tales como la configuración, las comunicaciones activas y el ancho de banda disponible. Las diferencias entre los módulos local y de servidor, en particular entre el módulo de búsqueda y coincidencia 108 local (que usualmente maneja sólo datos locales) y el servidor de AMGU 120 (que usualmente maneja datos de multitud de fuentes de una multitud de dispositivos móviles) se describen a continuación según sea apropiado.

Alternativamente, tener módulos locales (INS/PDR local 104, UPF 106 local y el módulo de búsqueda y coincidencia 108) que son de menor potencia, más pequeños y con implementaciones más livianas puede ser conveniente en comparación con los módulos de servidor (INS/PDR de servidor 164, UPF de servidor 166 y AMGU 120) que pueden aprovechar una disponibilidad de energía relativamente mayor, potencia computacional y mayor rendimiento del sistema en el servidor 130 y/o implementaciones en la nube.

En un caso donde conexión(es) y ancho de banda suficiente estén disponibles, los datos que normalmente se comunican a través de la carga diferida 170 (conexión 170A o conexión 170B) o la descarga de mapas diferidos 128, se pueden comunicar antes, con menos retraso o sin retardo, por ejemplo en tiempo real. Esta configuración puede implementar todo el procesamiento que se realiza en la nube (por ejemplo, todo el procesamiento que se muestra en el servidor 130) en tiempo real (opuesto a usar una carga o descarga diferida), por ejemplo, durante la navegación, mediciones de sensores sin procesar y/o los datos de sensores 102 se envían a la nube (servidor 130) y una salida de ubicación se devuelve desde la nube (servidor 130) al dispositivo móvil 116 para ayudar a localizar el dispositivo móvil 116 (y el usuario asociado) en un mapa de carriles peatonales.

El módulo de análisis/GUI del desarrollador 122 puede usarse para monitorear el sistema, desarrollar mapas de carriles peatonales, análisis y para ajustar, agregar y/o retirar manualmente los carriles y cruces creados automáticamente.

Para mayor claridad en la descripción actual, se asocia un solo dispositivo móvil 116 con un usuario.

Esta descripción no es limitativa, y los dispositivos móviles también pueden ser independientes de un usuario. Por ejemplo, uno o más robots o drones, cada uno con uno o más dispositivos móviles asociados, podrían enviarse a un edificio no mapeado o a un edificio dañado (por ejemplo, como parte de un esfuerzo de rescate después de un terremoto) para generar rápidamente un mapa (de carriles peatonales) de trayectorias disponibles y aprender la "verdad sobre el terreno" de qué áreas del edificio son transitables. Se prevé que, en base a la descripción actual, se podrían agregar sensores adicionales tales como sensores de proximidad y radar, a embarcaciones de vuelo o de navegación en el aire, sobre o bajo el agua para generar un mapa tridimensional de trayectorias que incluya el ancho de la trayectoria (sección transversal perpendicular a la dirección de desplazamiento).

Una característica de la modalidad actual es que usualmente se realiza la localización y el mapeo simultáneos (SLAM). Tanto el método de mapeo como el de posicionamiento (navegación) realizan funciones similares. Al navegar, la generación de estimaciones de trayectoria, los vectores de medición de ubicación (LMV) y las UPF también pueden usarse para cartografiar, para generar nuevos mapas de carriles peatonales y actualizar los existentes, la SLAM se puede realizar localmente en el dispositivo móvil 116, de forma remota (fuera de la línea o en tiempo real) en el servidor 130, o como una combinación de procesamiento y comunicaciones entre componentes y módulos de los dispositivos locales y remotos. En un caso en donde se usan principalmente mediciones magnéticas para el mapeo de ubicación, esta técnica se puede considerar como "SLAM magnético".

Consulte ahora la Figura 2, un diagrama de flujo de un método de mapeo (método para generar un mapa de carriles peatonales). Las nuevas mediciones del sensor 200 se envían desde los sensores 100 como datos de sensor 102 y se reciben por el procesador 114. Se usa al menos un subconjunto de los datos de sensor 102. Todos los datos de sensor pueden usarse, pero es posible que no se requiera, y no es necesario usar todos los datos de sensor. El dispositivo móvil 116 toma continuamente mediciones del sensor a lo largo de la trayectoria del dispositivo móvil en base a la ubicación y al movimiento del dispositivo móvil 116. El procesador 114 puede ejecutar uno o más módulos de baja complejidad (no mostrados en las figuras) para extraer datos esenciales de los datos de sensor (en bruto, originales, en gran cantidad) 102. Estos datos esenciales se envían para su posterior procesamiento en el procesador local 114 u opcionalmente y preferentemente (a través de la carga diferida 170, conexión 170B) al servidor 130 para el procesamiento opcional del servidor 160. Como se conoce en la técnica, el servidor 130 se puede implementar mediante una variedad de técnicas, que incluyen, entre otras, una sola máquina, un conglomerado de dos o más ordenadores y basada en la nube (informática). Los datos esenciales extraídos pueden usarse para generar y actualizar un mapa de carriles peatonales (único). Usualmente, los datos esenciales de múltiples dispositivos tales como los datos de multitud de dispositivos, se usan para generar y actualizar mapas de carriles peatonales. Alternativamente o en adición, los datos de usos múltiples (que se mueven repetidamente sobre la misma trayectoria del dispositivo móvil) de uno o varios dispositivos pueden usarse para el procesamiento. El procesador 114 también puede ejecutar uno o más módulos de baja complejidad para posicionar con precisión el dispositivo móvil 116 en el mapa de carriles peatonales local más actualizado (mapa de navegación de área, analizado con más detalle a continuación). Tenga en cuenta que el dispositivo móvil 116 puede recibir o recuperar un mapa de carriles peatonales local a través de la descarga del mapa 128 como una descarga diferida o en tiempo real/bajo demanda.

Los datos de sensor se usan para generar 202, una estimación de trayectoria (estimación de trayectoria, trayectoria estimada) y una o más características de trayectoria únicas (UPF). Preferentemente, también se genera una trayectoria inversa. El INS/PDR local 104 usualmente también genera una medición de certeza de ubicación (o lo contrario, una incertidumbre) y una estimación de orientación de marco de eje global, que se usan para alinear diferentes dispositivos móviles en el mismo marco de eje. Preferentemente, la orientación del marco del eje global es independiente de la orientación del dispositivo móvil 116. Los resultados del INS/PDR 104 se denominan generalmente en el contexto de este documento como "estimaciones del INS/PDR" o "resultados del INS/PDR".

El INS/PDR local 104 genera una estimación de trayectoria en base a los datos de sensor. En el contexto de este documento, una estimación de trayectoria es una estimación de una serie de ubicaciones, en momentos definidos en el tiempo, a lo largo de la trayectoria de movimiento del dispositivo móvil. Una estimación de trayectoria generalmente tiene al menos dos ubicaciones, típicamente al menos varias ubicaciones y posiblemente una multitud de ubicaciones durante un período de tiempo de al menos unos segundos o sobre una medición de longitud de trayectoria correspondiente a al menos 1 metro. Una sección de una trayectoria, o un segmento de trayectoria, es un corte parcial de la multitud de ubicaciones que mantiene el orden de las ubicaciones, por ejemplo, todas las ubicaciones entre una longitud de trayectoria correspondiente a 3 a 15 metros, o 10 a 60 metros. Una estimación de trayectoria también se puede considerar como una trayectoria o una estimación de trayectoria.

Para cada ubicación (o alternativamente para cada tiempo) en una trayectoria estimada, una o más, usualmente al menos varias, de las siguientes estimaciones ilustrativas pueden medirse y/o calcularse a partir de los datos de sensor entrante 102: ubicación, orientación/rumbo, campo magnético (usualmente campo magnético calibrado) y varias estimaciones de RF tales como RSSI, PL, TDOA y TOA. Las mediciones del campo magnético se miden usualmente mediante el magnetómetro S03 del dispositivo móvil 116. Las mediciones de campo magnético calibradas pueden generarse mediante un procedimiento de calibración realizado para lograr un vector de mediciones de ubicación que sea invariable a las rotaciones, es decir, eliminando los efectos de hierro duro y de hierro suave del campo magnético medido. Cada grupo de una o más mediciones (o estimaciones y datos calculados) se conoce como un vector de

medición de ubicación (LMV). Cada estimación en el LMV puede tener una medida de incertidumbre/certidumbre correspondiente. Por ejemplo, ubicación e incertidumbre de ubicación, orientación (que se puede implementar en formas tales como cuaternión, matriz de rotación, vector de 2 direcciones en el marco del eje global) e incertidumbre de orientación (en el marco del eje global) y RSSI e incertidumbre de RSSI. Cada tipo de estimación puede tener uno o más valores para cada ubicación, por ejemplo, un valor de RSSI de cada una de las señales de puntos de acceso Wi-Fi recibidas en el área. Un experto en la técnica se dará cuenta de que los componentes descritos anteriormente de una estimación de trayectoria se pueden combinar en un solo vector de estimación de trayectoria, o uno o más valores (por ejemplo, ubicación y orientación) pueden manejarse como un vector de medición de ubicación separado (por ejemplo, que contiene datos de sensores de fenómenos físicos). Una implementación típica incluye una estimación de trayectoria que incluye ubicaciones del movimiento del dispositivo móvil y un vector de medición de ubicación que incluye una o más mediciones (o estimaciones) de uno o más fenómenos físicos en cada ubicación (en la estimación de trayectoria). En otras palabras, cada LMV se asocia con una ubicación diferente y las ubicaciones correspondientes a las ubicaciones de la trayectoria estimada. El fenómeno físico medido o estimado es un fenómeno estático (o que varía lentamente) que los dispositivos móviles miden de manera similar para una ubicación. Por ejemplo, considere el campo magnético calibrado o las estimaciones de RF de múltiples puntos de acceso o balizas Bluetooth de baja energía (BLE). El último tipo de vector de medición de ubicación también se conoce en la literatura como huella digital de ubicación.

Una implementación adicional opcional incluye definir un cambio de vector de medición de ubicación (LMVC) para cada grupo de mediciones como alguna medida de cambio entre dos LMV en una trayectoria tomada por el dispositivo móvil. En este caso, cada grupo de mediciones no incluye mediciones en ubicaciones (puntos), sino los cambios de mediciones entre dos ubicaciones (dos puntos en el tiempo). La selección de dos puntos para un LMVC no está limitada, ni lo está la medida del cambio. Usualmente, los dos puntos son consecutivos a lo largo de la trayectoria del dispositivo móvil y la operación es una operación de diferencia.

En el análisis anterior, las mediciones y estimaciones se asocian como una función del tiempo de crecimiento. En otras palabras, las estimaciones y mediciones enumeradas son para cada punto en el tiempo. Alternativamente, las estimaciones y mediciones enumeradas pueden ser para cada una de las distancias estimadas ("x") recorridas, o para cada una de las otras ("y") distancias magnéticas estimadas recorridas (donde la distancia magnética es una cantidad de alguna medida de cambio magnético acumulada). En los casos de distancia estimada y distancia magnética estimada, se puede hacer una suposición adicional de que si la distancia no crece (no aumenta), las estimaciones no se actualizan (permanecen estables). En una descripción más general, las estimaciones y mediciones enumeradas pueden ser para cada una de otras ("z") distancia recorrida del LMV estimado (donde la distancia recorrida del LMV es una cantidad de alguna medida de cambio del LMV acumulada, es decir, el valor absoluto en el LMVC). La distancia recorrida estimada acumulada (o la distancia magnética recorrida estimada o más generalmente, la distancia LMV recorrida estimada) corresponde a una cantidad real de distancia recorrida en el mundo real y puede usarse como una medida de longitud de trayectoria.

La orientación del marco del eje global se podría derivar, por ejemplo, de una estimación de la gravedad o una estimación magnética suavizada de distancia (o mucho tiempo). Se conocen técnicas en la técnica para generalmente generar una orientación de marco de eje global.

La medida de certeza de la ubicación (o la incertidumbre de la ubicación) es una cantidad que se refiere a qué tan precisa (o inexacta) es una ubicación medida o determinada, en comparación con la ubicación verdadera (del mundo real).

El INS/PDR local 104 también genera preferentemente una trayectoria inversa (o más técnicamente, en este punto del procesamiento, una estimación de la trayectoria inversa). Se puede pensar en una trayectoria inversa como el dispositivo móvil que se mueve hacia atrás desde el final hasta el comienzo de una trayectoria de dispositivo móvil real. En otras palabras, si el usuario hubiera recorrido la misma trayectoria en dirección opuesta. La trayectoria inversa se puede generar, por ejemplo, invirtiendo el orden de tiempo de las mediciones del sensor para una longitud de trayectoria dada, o una ventana de tiempo sobre una longitud de trayectoria estimada. El uso de datos de sensores recopilados para una trayectoria para calcular una trayectoria inversa proporciona al sistema datos adicionales (para generar y actualizar mapas de carriles peatonales) sin la necesidad de un dispositivo móvil para recopilar datos en dos direcciones. En correspondencia con una trayectoria inversa, también se puede calcular un LMV de trayectoria inversa y un LMVC inverso,

El módulo de UPF local 106 genera una o más UPF en base a los datos de sensor 102 y las estimaciones de INS/PDR del módulo de INS/PDR local 104 (tales como estimaciones de trayectoria, LMVs y LMVC). Las UPF recién generadas se asocian con las estimaciones INS/PDR correspondientes de las mismas ubicaciones. Generalmente, la asociación de UPF incluye específicamente la estimación de trayectoria. Una Característica de Trayectoria Única (UPF) es una operación sobre mediciones de ubicación (LMV) y/o cambios de medición (LMVC) a lo largo de la trayectoria de movimiento del dispositivo móvil. Una operación de UPF implica una operación en múltiples mediciones, usualmente todas las mediciones de ubicación a lo largo de una trayectoria (o sección de una trayectoria/sección de trayectoria), por ejemplo, una operación en un vector de medición o un vector de cambio de medición. Una combinación de UPF(s) y la(s) estimación(es) de trayectoria identifica(n) de manera única una trayectoria o una sección de una trayectoria, en

el entorno interior, de ahí el designador "UPF". La operación es preferentemente resistente a la orientación del dispositivo móvil, al ruido del sensor, a la desviación, a la polarización y a la interferencia. La operación es preferentemente invariable a la orientación del dispositivo móvil 116 o marco de eje global, es decir, dos dispositivos móviles que toman la misma trayectoria producirán una UPF similar sin importar cómo el usuario sostiene el dispositivo móvil 116 o el marco de eje inicial del dispositivo, por ejemplo, el producto escalar entre dos campos vectoriales medidos o estimados.

Típicamente, el módulo de UPF local 106 genera cada UPF con una certeza (o incertidumbre) de UPF correspondiente, una cantidad que se refiere a qué tan precisa (o inexacta) es una UPF. La incertidumbre de la UPF se deriva de la incertidumbre de las mediciones y estimaciones sobre las que opera la función que genera la UPF y la operación.

Ejemplos de operaciones para generar una UPF incluyen:

Autocorrelación entre los vectores de medición de ubicación y los cambios de medición en una trayectoria,

- una integral de trayectoria de las mediciones magnéticas sobre la estimación del cambio de trayectoria (velocidad),
- una integral de trayectoria de las mediciones magnéticas sobre los cambios de las mediciones magnéticas,
- una integral de trayectoria de las mediciones de RSSI (indicador de intensidad de la señal de radio) sobre los cambios de medición de RSSI,
- una integral de trayectoria de las mediciones de PL sobre los cambios de mediciones de PL, y
- una integral de trayectoria del TDOA (diferencia de tiempo de llegada) sobre los cambios de mediciones de TDOA.

En los anteriores ejemplos de operaciones para generar una UPF, el producto escalar puede usarse como multiplicación, y cuando se habla de mediciones de señales de radio (por ejemplo, RSSI, PL, TDOA, etc.), cada elemento en el vector de medición es una medición asociada con una sola baliza, punto de acceso o estación base celular.

Una familia de UPF sobre mediciones magnéticas se conoce como UPF magnéticas. Una familia de UPF sobre las estimaciones de RF conocidas tales como RSSI, PL y TDOA, se denominan UPF de RF. Una característica de la modalidad actual es que el uso convencional de mediciones tales como TDOA es para identificar una ubicación, por el contrario el uso innovador en la modalidad actual de usar las mediciones para (únicamente) identificar una trayectoria (línea o serie de puntos en lugar de un punto único). Por ejemplo, las huellas dactilares de RF convencionales miden la RSSI en múltiples puntos para emparejar cada medición de RSSI con una ubicación. Por el contrario, una característica de la modalidad actual no es (sólo) determinar una ubicación, sino comparar una serie de puntos con otra serie de puntos para determinar una trayectoria (o un carril, como se describe en detalle a continuación). A diferencia de las mediciones convencionales que se centran en determinar una ubicación estática en base a los datos de sensor (huella digital de la ubicación), la modalidad actual determina una UPF a lo largo de una trayectoria (una medida correspondiente a la distancia recorrida por el dispositivo móvil sensorizado). Esto se puede considerar como "huella digital de trayectoria", como opuesto de la "huella digital de ubicación" convencional. Se puede hacer una analogía con los senderos para caminatas sobre una montaña: mientras que cada ubicación en un sendero tiene una cierta altura (huella digital), la forma en que las alturas cambian sobre el sendero (UPF) crea un cierto patrón o curva que identifica de manera única el sendero entre los senderos cercanos posibles.

Como se describió anteriormente, cuando hay disponible una conexión con el servidor, las salidas del módulo de INS/PDR local 104 (incluyendo al menos estimaciones de trayectoria) y las UPF recién generadas del módulo de UPF local 106 se cargan como datos desde el dispositivo móvil 116 (en general desde múltiples dispositivos móviles/fuentes múltiples como la carga diferida 170 a través de la conexión 170A). Preferentemente, una pluralidad de dispositivos móviles 116 genera una pluralidad de UPF respectivas para cargar. Los datos cargados luego se usan por el módulo de AMGU 120 (o los datos locales por el módulo de búsqueda y coincidencia 108) para generar y actualizar automáticamente uno o más mapas de carriles peatonales con trayectorias, cruces y carriles, y características únicas asociadas (UPF).

El módulo de AMGU 120 esencialmente realiza una búsqueda de una coincidencia 204 entre las UPF recién generadas desde múltiples dispositivos (o localmente el módulo de búsqueda y coincidencia 108 desde el único dispositivo móvil 116) y UPF conocidas asociadas con carriles ya identificados (o secciones de carriles, o concatenación de tramos de carriles que se cruzan). Una característica innovadora de la modalidad actual es buscar y hacer coincidir las UPF recién generadas y las estimaciones de trayectorias asociadas con un mapa de carriles peatonales con UPF conocidas y carriles asociados (o estimaciones de carriles).

En dependencia de si se encuentra una coincidencia 206, el método puede realizar varios procesos. Si no se encuentra una coincidencia (fallos encontrando una coincidencia), entonces la estimación de trayectoria asociada con las UPF (no encontradas) se agrega a un mapa 220 (se agrega a un mapa de carriles peatonales) como una nueva estimación de carril. La nueva estimación de carril se agrega con las UPF asociadas para esa estimación de carril (a partir de la estimación de trayectoria). Un mapa actualizado 222 (mapa de carriles peatonales) se genera y está disponible (por ejemplo, como actualización 126 de datos de mapa de carriles peatonales 124) para almacenamiento, distribución, descarga y recuperación (por ejemplo, a través de la descarga de mapas 128) mediante dispositivos móviles. En el caso de que el módulo de búsqueda y coincidencia 108 esté realizando el procesamiento en el dispositivo móvil 116,

el mapa actualizado 222 está inmediatamente disponible para el procesador 114 en lugar de, o además de la copia local 112 del mapa de navegación.

5 Cuando se encuentra una coincidencia 206 entre las UPF recién generadas y las UPF conocidas, entonces también se conoce que las respectivas estimaciones de trayectoria y las trayectorias coinciden. Las UPF coincidentes y la estimación de trayectoria asociada se preparan y fusionan 208 para producir un mapa actualizado 222. La preparación (en el bloque 208) incluye la optimización de los datos y/u otras funciones conocidas tales como la limpieza, el tamizado y la normalización. La longitud de la trayectoria también se puede ajustar y/u optimizar para hacer coincidir las secciones de una trayectoria. Las estimaciones de trayectoria de uno o más dispositivos móviles 116 (usualmente 10 obtenidas de una multitud de dispositivos móviles 116) se pueden fusionar y suavizar en base a secciones coincidentes (secciones de las estimaciones de trayectoria). Un experto en la técnica se dará cuenta de que la preparación (tal como el procesamiento previo) de las mediciones del sensor y los datos generados se puede realizar una o más veces, posiblemente en múltiples etapas en el método.

15 La fusión (en el bloque 208) incluye añadir las UPF recién generadas y la estimación de trayectoria asociada, a un mapa de carriles peatonales con UPF conocidas y carriles asociados (o estimaciones de carril). Esta técnica de fuente multitudinaria converge en un mapa de navegación único (mapa de carriles peatonales único) donde las trayectorias que toman los peatones en un entorno interior se crean con UPF. Además, esta técnica innovadora modela la manera en la que el comportamiento de caminar humano se lleva a cabo en un entorno interior, lo que simplifica 20 significativamente la búsqueda de trayectorias en comparación con las técnicas convencionales.

Una implementación preferida de un mapa de carriles peatonales es esencialmente como un multígrafo dirigido. Un multígrafo es un grafo que permite múltiples aristas dirigidas (flechas) entre los vértices. Un vértice en un multígrafo 25 puede usarse para representar un "cruce" de un mapa de carriles peatonales, y una de las aristas que conectan dos vértices en un multígrafo puede usarse para representar un "carril" de un mapa de carriles peatonales. Cada carril (dirigido) se asocia con un conjunto de estimaciones de trayectoria y UPF asociadas ordenadas desde el cruce de origen hasta el cruce de destino. Un cruce se asocia principalmente con una estimación de ubicación (y, opcionalmente, con una pequeña cantidad de otras estimaciones de trayectoria). Una "partición de trayectoria" tiene un carácter temporal, es decir, el sistema aún no ha decidido si una partición de trayectoria es un cruce real o tal vez 30 algunos usuarios cambian los carriles que están tomando los usuarios. Las divisiones de trayectoria que son soportadas por datos adicionales (estimaciones de trayectoria y UPF) continúan existiendo, se pueden verificar y eventualmente cambian de estado a un cruce.

La identificación de bifurcaciones y cruces 210 se realiza usualmente cada vez que se añaden nuevos datos a un 35 mapa de carriles peatonales. Para mayor claridad, tenga en cuenta que los módulos tales como preparar y fusionar 208 e identificar divisiones y cruces 210 pueden actualizar y tener acceso a mapas actualizados de carriles peatonales (líneas no mostradas en la Figura 2). Mediante el uso de al menos una porción, usualmente todos, de los datos del mapa de carriles peatonales para un carril (o estimación de carril), se identifican nuevas divisiones, se incrementa la probabilidad de ser un cruce para las divisiones existentes, y cuando la probabilidad excede una probabilidad 40 designada, el estado de la división se cambia a ser un cruce. Una técnica para identificar divisiones de trayectorias es aumentar las longitudes de las secciones coincidentes de las estimaciones de trayectoria que se comparan hasta que las estimaciones de trayectoria ya no coincidan, es decir, las estimaciones de trayectoria de UPF o de INS/PDR comienzan a diferir mucho en los bordes de las secciones coincidentes. En un punto donde las coincidencias se pierden/comienzan, los puntos se identifican primero como divisiones de trayectoria y se agregan como vértices al 45 mapa de carriles peatonales. Si con el tiempo no hay divisiones adicionales en los alrededores de una división original, se descarta el vértice asociado con la división original. Si con el tiempo hay más divisiones en los alrededores de la división original, la división se reconoce como un cruce. Las divisiones y uniones pueden usarse para producir un mapa actualizado 222.

50 La identificación de los carriles 212 también se realiza usualmente cada vez que se añaden nuevos datos a un mapa de carriles peatonales. De manera similar a las divisiones que se convierten en cruces, las estimaciones de trayectoria se usan para crear estimaciones de carril que pueden continuar existiendo, verificarse y, finalmente, cambiar el estado a ser un "carril". Un carril es una convergencia de trayectorias (representadas por estimaciones de trayectoria) de muchos dispositivos móviles diferentes. En términos simples, se puede pensar un carril como el patrón de tráfico 55 creado donde las personas caminan con dispositivos móviles. Puede haber más de un carril en un pasillo (espacio físico donde se mueve un dispositivo móvil).

Un carril tiene UPF asociadas. La convergencia de trayectorias a un carril usualmente corresponde a si las UPF de 60 los trayectorias coinciden o no (este proceso también puede determinar el ancho del carril). Las estimaciones de carriles pueden ser un túnel de correlación de trayectorias emparejadas mediante el uso de UPF y/o estimaciones de trayectorias cercanas entre sí con una incertidumbre de ubicación lo suficientemente pequeña (menos de una cantidad determinada). En otras palabras, las UPF correlacionadas dentro de un intervalo, o un ajuste entre las UPF, define un límite, un túnel tridimensional (3D) (límite del túnel). Cuando dos dispositivos móviles viajan dentro de los límites de este túnel, cada uno de los dos dispositivos móviles producirá UPF que coincidan entre sí. Alternativamente, o en 65 adición a, si la incertidumbre de ubicación de dos estimaciones de trayectoria es lo suficientemente pequeña (menos de una cantidad determinada) y las dos estimaciones de trayectoria están muy próximas entre sí (un umbral

geométrico), entonces se podrían considerar las dos estimaciones de trayectoria como "caminar en el mismo carril". Preferentemente, en un caso en donde una pluralidad de dispositivos móviles 116 genera una pluralidad de UPF respectivas, se puede calcular una pluralidad de carriles en base a la correlación de la pluralidad de UPF.

5 Los carriles conectan divisiones y/o cruces. Como se describió anteriormente, los carriles son esencialmente aristas con cruces de origen y destino que son iguales y muy próximos entre sí. Esta identificación de carriles permite el seguimiento en tiempo real para saber cuándo un usuario cambia de carril. Los carriles se consolidan y actualizan en un mapa de navegación para peatones. Los carriles pueden usarse para producir y/o actualizar un mapa de carriles peatonales, como se muestra en el mapa actualizado 222.

10 Opcionalmente, el método puede identificar cambios en el entorno 214, tales como retirar los carriles y cruces no verificados u obsoletos. Cuando hay carriles y cruces en un mapa de carriles peatonales que no se han emparejado (no coinciden) durante un período de tiempo determinado, los carriles y cruces se pueden descartar. La cantidad de tiempo dada se puede configurar y puede variar de una ubicación en un mapa de carriles peatonales a otra ubicación en el mapa, o de un mapa a otro mapa. Como el mapa de carriles peatonales es adaptativo, un cambio en el entorno de medición (huella digital) resultará en nuevos carriles y cruces adicionales con UPF nuevas y adicionales asociadas. Como tal, los carriles y cruces obsoletos se pueden eliminar. Otra forma de descartar carriles y cruces existentes es cuando las personas (y los dispositivos móviles correspondientes) se mueven muy cerca de los carriles y cruces existentes, pero fallan en obtener una coincidencia de medición en los carriles y cruces existentes. Estas técnicas pueden limpiar el mapa de carriles peatonales a medida que pasa el tiempo, haciendo que el mapa sea más fácil de almacenar y de navegar, en comparación con un mapa que retiene datos que no se correlacionan (sin correlación) con los carriles actuales. Los cambios del entorno pueden usarse para producir un mapa actualizado 222.

25 Opcionalmente, el método puede actualizar una o más geocercas 224. Después de actualizar un mapa de carriles peatonales, por ejemplo, con nuevos carriles, se puede crear y/o actualizar una geocerca en base a los nuevos carriles. Las geocercas alrededor de los carriles representan áreas de movimiento de peatones e islas de tráfico, lo que hace que el mapa de carriles peatonales sea más completo, intuitivo y fácil de usar cuando se muestra a un usuario.

30 Un mapa de carriles peatonales usualmente incluye UPF conocidas y carriles asociados (o estimaciones de carriles) como base del mapa. Los mapas de carriles peatonales también pueden incluir datos adicionales y opcionales, como estimaciones de carriles, divisiones, trayectorias, cruces e información de navegación asociada (una capa de información).

35 Consulte ahora la Figura 3, un esquema de un ejemplo de AMGU. El lado izquierdo de la figura actual diagrama un mapa de construcción real (del mundo real) 340 y trayectorias de dispositivos móviles (también conocidas como "realidad del terreno"). Se muestran las paredes 300, los pasillos 302 y las habitaciones 304. Se muestran tres trayectorias ilustrativas (trayectorias de dispositivos móviles): trayectoria del usuario 1 (1), trayectoria del usuario 2 (2) y trayectoria del usuario 3 (3). Cada trayectoria ilustrativa representa el movimiento de un usuario y el dispositivo móvil asociado 116 del usuario. En algunos puntos en el edificio 340, las trayectorias de los usuarios coinciden, por ejemplo, en una primera sección 306, tanto la trayectoria del usuario 1 (1) como la trayectoria del usuario 2 (2) recorren el mismo pasillo entre una primera intersección 308A y una segunda intersección 308B. En una segunda sección 310, tanto el usuario 1 como el usuario 3 se mueven con dispositivos móviles asociados a lo largo del mismo pasillo, pero en diferentes ubicaciones (lados del pasillo, donde las trayectorias del usuario 1 y el usuario 3 no coinciden/fallan en coincidir). Cada una de la trayectoria del usuario 1 (1) y trayectoria del usuario 3 (3) se muestra en un lado del pasillo para la misma segunda sección 310.

El lado derecho de la figura actual es una representación visual de un mapa de carriles peatonales 342. Dado que el ejemplo actual usa datos de múltiples dispositivos móviles 116, la generación del mapa de carriles peatonales 342 usualmente la realiza el AMGU 120 en el servidor 130. El mapa de carriles peatonales 342 muestra un carril ilustrativo 326, un primer cruce 328A, un segundo cruce 328B y una división de trayectoria 332. Como se describe en detalle en otra parte de este documento, los datos de sensor 102 se recopilan desde múltiples dispositivos móviles 116 a medida que los dispositivos móviles 116 se mueven a lo largo de una trayectoria de dispositivo móvil (tal como la trayectoria del usuario 1 (1), la trayectoria del usuario 2 (2) y la trayectoria del usuario 3 (3)). Los datos recopilados y/o las estimaciones de trayectoria y las UPF se envían a través de una carga diferida 170 (conexión 170A o conexión 170B) al servidor 130. El módulo de AMGU 120 busca una coincidencia 204 entre las UPF recién recibidas de múltiples dispositivos y las UPF conocidas asociadas con trayectorias ya identificadas. Por ejemplo, si el carril ilustrativo 326 (y las UPF asociadas) ya se conoce del procesamiento anterior de las estimaciones de la trayectoria y las UPF de la trayectoria del usuario 1 (1), entonces cuando se reciben las estimaciones de la trayectoria y las UPF del usuario 2 [el dispositivo móvil 114 del usuario 2 que se mueve a lo largo de la trayectoria del usuario 2 (2)] Las UPF del usuario 2 se comparan con las UPF del mapa de carriles peatonales 342. En este caso, se encuentra una coincidencia para las UPF del usuario 2 para la primera sección 306. Los datos recibidos del usuario 2 (estimaciones de trayectoria, UPF y, opcionalmente, otros datos tales como la medición de certeza de la ubicación y la estimación de orientación del marco del eje global) se usan para identificar y reforzar el mapeo de carriles (carril ilustrativo 326 de la primera sección 306), cruces (primera unión 328A desde la primera intersección 308A, y segunda unión 328B desde la segunda intersección 308B), e identificar o reforzar las divisiones (por ejemplo, la división 332) como posibles cruces.

Tenga en cuenta en el mapa de carriles peatonales 342 que la segunda sección 310 (del mapa de construcción 340) ha sido procesada para identificar dos carriles en el segundo pasillo 330. Se pueden generar o actualizar una o más geocercas 320 para representar un esqueleto de un plano de planta alrededor de carriles conocidos.

5 Consulte ahora la Figura 4, un boceto de una generación de mapas AMGU con estimaciones de deriva de trayectoria. Para simplificar la siguiente descripción ilustrativa, se supone una alineación razonable con el sistema de coordenadas global (el marco de eje global) para los dispositivos móviles implicados. Si los dispositivos móviles aún no están alineados (desalineados) con el marco del eje global, se pueden encontrar coincidencias de UPF para que los dispositivos móviles alineen un sistema de coordenadas móvil con otro sistema de coordenadas móvil (por ejemplo, por estimación de gravedad, estimación magnética u otra estimación de rumbo). En la primera sección 306, tanto el trayectoria del usuario 1 (1) como el trayectoria del usuario 2 (2) recorren el mismo pasillo entre la primera intersección 308A y la segunda intersección 308B. Sin embargo, las dos trayectorias no estiman (no logran) estimar exactamente la misma trayectoria: hay una deriva o una discrepancia entre las estimaciones de trayectorias de dispositivos móviles del mundo real y los sistemas de coordenadas. La deriva es una propiedad heredada de los sensores de inercia que resulta en los datos generados (estimaciones de trayectoria) que están sesgados por la verdad del terreno. Cuando la AMGU 120 procesa los datos de cada uno de los dispositivos móviles del usuario 1 y del usuario 2, la AMGU debe decidir si los datos están lo suficientemente cerca (dentro de un intervalo predefinido o determinado) para combinar los datos en una estimación de carril común o carril. Si la realidad del suelo de los móviles es realmente cercana (como se muestra en el mapa de construcción 340), las UPF medidas coincidirán y la combinación promediará las discrepancias en la estimación de la trayectoria (ya que la medición inercial de diferentes dispositivos es independiente). Todos los datos de usuario (del usuario 1 y del usuario 2) se pueden almacenar en asociación con el carril ilustrativo identificado 326 y usarse para futuras coincidencias de datos de usuario con el mapa de carriles peatonales 342.

## 25 Posicionamiento y Navegación

El mapa de carriles peatonales más actualizado se mantiene en el dispositivo móvil 116 como la copia local 112 del mapa de navegación. Este mapa de carriles peatonales usualmente se descarga desde el servidor 130, los datos del mapa de navegación 124 a través de la descarga del mapa 128 al dispositivo móvil 116. La descarga puede ser a través de una descarga diferida cuando hay una conexión disponible, o solicitada por el dispositivo móvil en tiempo real cuando se activa una función de navegación (posicionamiento en tiempo real en el mapa de carriles peatonales). En un caso donde una conexión entre el dispositivo móvil 116 y el servidor 130 no esté disponible (no disponible), el dispositivo móvil puede mantener y actualizar la copia local 112 del mapa de navegación.

35 Al posicionar y navegar, las funciones de generar las UPF y comparar las UPF generadas con las UPF almacenadas usualmente las realiza el mismo procesador 114 en el dispositivo móvil. Sin embargo, un experto en la técnica se dará cuenta de que una variedad de implementaciones son posibles, incluyendo el procesador 114 del dispositivo móvil 116 que inicia una o más etapas de los métodos que deben realizar otros procesadores o dispositivos locales o remotos. Por ejemplo, los datos de sensor 102 y/o las UPF pueden enviarse en tiempo real (a través de la conexión 170A y/o la conexión 170B) al servidor 130 para procesar en tiempo real y devolver desde el servidor 130 al dispositivo móvil 116 el mapa de carriles peatonales, carriles, y/o la ubicación del dispositivo móvil 116 (en uno de los carriles coincidentes).

45 Consulte ahora la Figura 7, un diagrama de flujo de un método de posicionamiento (método para ubicar y navegar mediante el uso de un mapa de carriles peatonales), y también consulte nuevamente la Figura 1 y la Figura 2. Cuando se inicia la navegación 701, un método para el posicionamiento usa etapas similares al método para el mapeo.

Un método para el posicionamiento comienza de manera similar al método para generar un mapa (mapeo), mediante la recepción 700 de datos de sensor 102 en base a la ubicación y al movimiento de un dispositivo móvil 116. La recepción 700 de las mediciones de sensor para el posicionamiento es sustancialmente la misma que la recepción de nuevas mediciones 200 de sensor cuando se mapea. En base a al menos un subconjunto de los datos de sensor 102, el módulo de INS/PDR local 104 genera 702 una estimación de trayectoria y un vector de medición de ubicación (LMV). La estimación de trayectoria incluye ubicaciones de movimiento del dispositivo móvil. El vector de medición de ubicación incluye una o más mediciones en cada una de las ubicaciones a partir de los datos de sensor 102 de cada una de las ubicaciones. En base a los datos de sensor 102, la estimación de trayectoria y el LMV, se generan una o más características de trayectoria únicas (UPF) por el módulo de UPF local 106 realizando una operación en base a la estimación de trayectoria y al vector de medición de ubicación.

60 Una característica de la modalidad actual es que usualmente se realiza la localización y el mapeo simultáneos (SLAM). Comparando el bloque de mapeo 202 y el bloque de navegación 702, ambos realizan funciones similares. Al navegar, la generación de estimaciones de trayectoria, LMVs y UPF para navegar también pueden usarse para generar nuevos mapas de carriles peatonales y actualizar los existentes. Un experto en el campo verá las conexiones y cruces entre los métodos de mapeo y de posicionamiento (navegación). Por ejemplo, al navegar, el bloque 702 puede generar opcionalmente una trayectoria inversa (similar al funcionamiento típico del bloque de mapeo 202) para usar en el mapeo durante la navegación.

- 5 Opcionalmente, la determinación 703 de una ubicación aproximada inicial del dispositivo móvil 116 para determinar qué secciones en el mapa de carriles peatonales están en las cercanías del dispositivo móvil 116 se puede hacer en base a balizas de BLE, datos de ubicación de puntos de acceso Wi-Fi, lecturas de GPS inexactas y estimaciones inexactas del INS/PDR. Una estimación aproximada de la ubicación también se puede dar manualmente por operación humana o por otro sistema externo tal como el escaneo de código de barras/QR de la cámara de etiquetas de ubicación conocidas. Después de determinar una ubicación aproximada inicial, puede usarse el método de posicionamiento para refinar la ubicación.
- 10 Se realiza una búsqueda de coincidencia en el bloque 704, donde el módulo de búsqueda y coincidencia 108 realiza una función similar al módulo de AMGU 120 que incluye comparar las UPF generadas con las UPF almacenadas en un mapa de carriles peatonales (copia local 112 del mapa de navegación) para determinar las UPF coincidentes. Si (fallo en encontrar la coincidencia) no se encuentra una coincidencia 706, el método pasa al bloque 704 y continúa buscando una coincidencia entre las mediciones generadas y el mapa de carriles peatonales. Opcionalmente, y usualmente, las salidas no coincidentes se pueden agregar a un mapa 220 (agregado a un mapa de carriles peatonales) como una nueva estimación de carril (y las funciones de mapeo adicionales continúan según corresponda para la SLAM).
- 15 La salida del módulo de búsqueda y coincidencia 108 puede usarse como retroalimentación para la corrección 118 al módulo de INS/PDR local 104. La retroalimentación puede incluir las UPF generadas, las UPF coincidentes, la ubicación coincidente en uno de los carriles, los datos de rumbo/orientación del mapa de ubicación coincidentes y las mediciones de incertidumbre asociadas. La retroalimentación puede usarse para mejorar la generación posterior de estimaciones de trayectoria, rumbo y orientación. El módulo de INS/PDR local 104 puede usar la retroalimentación para estimaciones de corrección y luego enviar a la GUI 110 una ubicación para presentarla a un usuario del dispositivo móvil 116. Cuando se encuentra una coincidencia 706, el método usualmente entra en un estado de seguimiento 730 o modo de seguimiento. En este estado, la incertidumbre de ubicación es usualmente menor que la incertidumbre de ubicación de un estado sin seguimiento.
- 20 Usualmente, la medida de incertidumbre de ubicación determina un área de búsqueda, es decir, en qué áreas del mapa de carriles peatonales buscar una coincidencia. La incertidumbre aumenta cuando no se encuentra ninguna coincidencia y disminuye cuando se encuentra una coincidencia. Los estados de seguimiento/sin seguimiento se pueden interpretar entonces como una disminución/aumento significativo en la medida de incertidumbre de ubicación.
- 25 En el estado de seguimiento 730 continúa la retroalimentación al módulo de INS/PDR y la corrección de las estimaciones de INS/PDR, así como también la búsqueda y la comparación, pero usualmente en un área de búsqueda más pequeña. Cuando no se encuentra una coincidencia (fallo en encontrar una coincidencia), se pierde el seguimiento reciente, es decir, las UPF generadas y los datos de sensor ya no indican una coincidencia en el mapa de carriles peatonales durante una cantidad nominal de tiempo o distancia, y/o la incertidumbre de la ubicación supera una cantidad definida, y el método regresa para buscar una coincidencia 704 en un área más grande,
- 30 Si un mapa de carriles peatonales incluye geocercas, las geocercas pueden mejorar aún más la estimación de la ubicación en tiempo real al restringir la estimación para que no cruce una geocerca (permanecer dentro de los límites de una geocerca).
- 35 Los datos del mapa dentro de los alrededores del dispositivo móvil 116 también se pueden visualizar, por ejemplo, en la GUI 100 del dispositivo móvil 116 (la conexión no se muestra en la figura).
- 40 Opcionalmente, y usualmente, las salidas coincidentes pueden enviarse para identificar divisiones y cruces 210 (y las funciones de mapeo adicionales continúan según corresponda para la SLAM).
- 45 El posicionamiento, la navegación y el seguimiento pueden incluir identificar cuándo el dispositivo móvil 116 cambia de carril, cruza los cruces, se detiene y se demora.
- 50 Opcionalmente y adicionalmente, la ubicación actual del dispositivo puede usarse para encontrar una trayectoria en el mapa de carriles peatonales desde la ubicación actual del dispositivo u otra entrada de ubicación de origen hasta otra ubicación del dispositivo u otra entrada de ubicación de destino y preparar las características de la trayectoria para el seguimiento en tiempo real.
- 55 Una ruta puede usarse junto con uno o más mapas de carriles peatonales para generar instrucciones de guía para la navegación a una ubicación de destino en base al mapa de carriles peatonales y al seguimiento del dispositivo móvil 116 en el mapa de carriles peatonales. Por ejemplo, gire a la derecha en 5 metros, retroceda 10 metros, etc.
- 60 Opcionalmente, los usuarios u otros sistemas pueden marcar y agregar información al mapa de carriles peatonales, por ejemplo, ubicaciones de mercancías o artículos, anuncios, un cartel de información, etc.
- 65 Consulte ahora la Figura 5, un esquema de navegación en tiempo real con corrección de estimación de trayectoria. Una representación visual de un mapa de carriles peatonales 342 incluye una superposición de la trayectoria del

usuario 4 (4) (línea discontinua) moviéndose a lo largo del segundo pasillo 330, girando a la izquierda en el primer cruce 328A hacia la primera sección 306 hasta el segundo cruce 328B, girando a la derecha. La estimación de la trayectoria del usuario 4 (4A) varía del carril ilustrativo 326. En la figura actual, una línea discontinua muestra la estimación de la trayectoria del usuario 4 (4A) sin comentarios de corrección del módulo de búsqueda y coincidencia. Sin embargo, dado que el usuario realmente viaja en el carril ilustrativo 326, las UPF calculadas por el usuario coinciden con las UPF en el mapa de carriles peatonales local, permitiendo una retroalimentación de corrección del módulo de búsqueda y coincidencia 108. Una segunda línea discontinua (4B) en la figura actual muestra la corrección de la estimación de la trayectoria del usuario 4 (4B) después de esta retroalimentación del módulo de búsqueda y coincidencia.

Las innovadoras UPF y el mapa de carriles peatonales permiten funciones como la búsqueda de trayectorias, la generación de instrucciones de guía, el seguimiento y el análisis del tráfico de peatones. Encontrar una trayectoria en el mapa de carriles peatonales desde una primera ubicación (tal como la ubicación actual del dispositivo móvil y una ubicación en el mapa de carriles peatonales) hasta una segunda ubicación (tal como la ubicación de un dispositivo que no sea el dispositivo móvil y un ubicación en el mapa de carriles peatonales) puede usarse para preparar las características de la trayectoria para el seguimiento en tiempo real. La generación de instrucciones de guía para la navegación a una ubicación de destino se puede realizar en base al mapa de carriles peatonales. Por ejemplo, instrucciones tales como "girar a la derecha en 5 metros, retroceder 10 metros, etc." El dispositivo móvil se puede rastrear durante la navegación. El mapa de carriles peatonales se puede actualizar en base a la información proporcionada por el usuario. Por ejemplo, los usuarios pueden agregar ubicaciones de tiendas, letreros de información o agregar anuncios. El mapa de carriles peatonales y/o las combinaciones de la ubicación del dispositivo móvil y las acciones del usuario se pueden analizar para generar análisis sobre el comportamiento del tráfico de peatones. Por ejemplo, los tiempos/ubicaciones de permanencia, horas ocupadas, mapas de calor, donde las personas pasaron la mayor parte del tiempo y las congestiones. Otro ejemplo, un usuario en un pasillo determinado de una tienda determinada que abre un navegador para buscar un producto determinado,

Una implementación detallada

Tenga en cuenta que en la descripción matemática a continuación, se usa la notación de tiempo continuo. En base a esta descripción, un experto en la técnica podrá convertir a otros dominios (por ejemplo, a un dominio de muestreo digital).

El módulo de INS/PDR local 104 emite una estimación de trayectoria  $\gamma(t)$  y (opcionalmente)  $m^B(t)$  mediciones magnéticas que se pueden fusionar con los datos S02 del giroscopio para tener un marco de eje independiente de la orientación (es decir, el giroscopio gira la medición magnética a un marco de eje del cuerpo inicial). Un objetivo es tener la estimación de la trayectoria en la orientación del marco del eje global, pero se entiende que sin alguna ubicación de GPS inicial u otros medios de información secundaria, esta estimación puede ser muy inexacta. Además, generalmente el INS/PDR sufre de una deriva inherente debido a las implementaciones generales que usan sensores de bajo costo. Al menos por estas razones (ver también a continuación), la precisión de la ubicación también se estima preferentemente  $\sigma_\gamma(t)$  y se supone que crece con el tiempo sin corrección de ubicación. Las entradas al módulo de INS/PDR local 104 incluyen datos de sensor 102 de los sensores 100 tales como acelerómetro S01, giroscopio S02, magnetómetro S03, barómetro S04/altímetro y receptor GPS S06. Los algoritmos de INS/PDR se conocen en la técnica, por ejemplo, véase Cálculo de peatones para la navegación MARG mediante el uso de un teléfono inteligente, por Z Tian, Y Zhang, M Zhou e Y Liu, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2014 (1), 1-9.

Las entradas al módulo de UPF local 106 incluyen  $\gamma(t)$  del módulo de INS/PDR local 104 y  $m(t)$  - las señales de medición magnéticas sin procesar de algunas trayectorias internas del magnetómetro del teléfono inteligente (y opcionalmente  $m^B(t)$ )

El módulo de UPF local 106 puede calcular una función de trayectoria única:

$$F(\gamma) = \int_C m(\gamma) \cdot d\gamma = \int_{t_0}^t m(\gamma(\tau)) \cdot \dot{\gamma} d\tau = F(t),$$

que es la trayectoria integral y  $\gamma(t) = \gamma(t)$  o  $m(t)$ , es decir, la trayectoria puede ser la estimación de la trayectoria o la derivada temporal de la medición magnética. Sin embargo, en lugar de la parametrización de tiempo de la trayectoria, aquí se usará la parametrización de longitud de trayectoria:

$$l(t) = \int_C |d\gamma| = \int_{t_0}^t |\dot{\gamma}(\tau)| d\tau.$$

$$F(\gamma) = \int_C m(\gamma) \cdot d\gamma = \int_{l_0}^l m(\gamma(\lambda)) \cdot \gamma'(\lambda) d\lambda = F(l)$$

$\gamma(l) = \bar{\gamma}(l) \circ m'(l)$

Tenga en cuenta que la notación se simplifica escribiendo  $g(l) = g(\gamma(l))$

La longitud de la trayectoria se calcula a partir de la estimación de la trayectoria del módulo de INS/PDR local 104, es decir

$$l(t) = \int_C |d\gamma|$$

y también se usa para encontrar un tamaño de ventana coincidente en la descripción a continuación.

Los ejemplos de otras funciones de trayectoria, para generar otras características de trayectoria distintivas, incluyen:

$$F(l) = \int_{l_0}^l m(\lambda) \cdot m'(l-\lambda) d\lambda$$

$$F(l) = \int_{l_0}^l m(\lambda) \cdot m(l-\lambda) d\lambda$$

$$F(l) = \int_{l_0}^l m'(\lambda) \cdot m'(l-\lambda) d\lambda$$

y similares, cada una de las funciones que tiene pros y contras del mundo físico.

Describiendo el caso más general de tales funciones de trayectoria es:

$$F(\gamma) = \int_C f_1(\gamma) \cdot df_2(\gamma) = \int_{l_0}^l f_1(\lambda) \cdot f_2'(\lambda) d\lambda = F(l)$$

$$F_{fr}(l, r) = \int_{l_0}^l f_1(\lambda) \cdot f_2'(\lambda - r) d\lambda$$

$$F_{bk}(l, r) = \int_{l_0}^l f_1(\lambda) \cdot f_2'(r - \lambda) d\lambda$$

Donde  $f_{1,2}(l)$  son vectores de medición de huellas dactilares (mediciones) con el tamaño correspondiente en una ubicación específica. En la terminología de los sistemas de comunicación, esto básicamente genera la autocorrelación de la trayectoria de las mediciones vectoriales a lo largo de una trayectoria. Una variante de esto es tomar una autocorrelación cíclica de una longitud de trayectoria L con el fin de limitar las mediciones de ubicación en secciones de trayectoria.

Como alternativa a la longitud de la trayectoria, la longitud de la trayectoria de medición

$$l(t) = \int_C |df_2(\gamma)|$$

puede usarse, sin embargo, esto puede ser más propenso al ruido de las mediciones de ubicación.

Si también está disponible la huella digital de RF (es decir, hay API para acceder a las mediciones de RF y se reconoce una infraestructura suficiente), se pueden generar más funciones de trayectoria siguiendo la generalización. Por ejemplo,  $f_1 = f_2 = f = [f_0, f_1, f_2, \dots, f_{M-1}]^T$  es un vector de mediciones de RF donde cada elemento se asocia con un punto de infraestructura fija, es decir, una identificación de celda celular o una identificación de MAC de punto de acceso Wi-Fi, y los elementos son mediciones tales como RSSI, pérdida de trayectoria (PL) y TDOA.

Finalmente, las UPF se pueden filtrar con paso alto para eliminar el promedio a largo plazo.

Un enfoque alternativo para calcular la UPF puede ser tomar directamente el producto escalar

$$F_{fr}(l, r) = f_1(l) \cdot f_2'(l-r)$$

como la UPF y construir la remoción integral y DC como parte de los procedimientos de búsqueda y coincidencia de AMGU.

5 Dado un tamaño de ventana de longitud de trayectoria para que coincida,  $L$ , y la resolución de coincidencia  $l_{\text{resolución}}$ , denote el vector de UPF muestreadas con

$$F_l = [F(l), F(l-l_{\text{res}}), F(l-2l_{\text{res}}), \dots, F(l-L)]^T$$

10 Dejar  $\sigma_l$  sea la incertidumbre de ubicación correspondiente.

Tomar sólo  $F_{Fr}(l, 0) = F(l)$  por simplicidad.

15 Asumir un nuevo usuario de datos de UPF  $F_l^{\text{nueva}}$  y una única trayectoria en el mapa de carriles peatonales (de nuevo por simplicidad)  $F_{r^{\text{mapa}}}$ , una función de error se construye

$$20 \quad e_L(l, r) = \frac{\|F_l^{\text{nueva}} - F_{r^{\text{mapa}}}\|}{\|F_l^{\text{nueva}}\| + \|F_{r^{\text{mapa}}}\|}$$

Donde la norma es alguna p-norma si se considera la autocorrelación para las UPF o  $L^p$ -norma al considerar sólo el producto escalar como UPF.

25 Alternativamente, puede usarse el coeficiente de correlación para construir la función de error de la siguiente manera

$$30 \quad e_L(l, r) = 1 - \frac{(F_l^{\text{nueva}}, F_{r^{\text{mapa}}})}{\|F_l^{\text{nueva}}\| * \|F_{r^{\text{mapa}}}\|}$$

Con producto interior en espacio vectorial de 2 normas o espacio  $L^2$ .

35 Tenga en cuenta: En una implementación típica, el mapa real de carriles peatonales es un multígrafo dirigido, por lo que en realidad hay varias opciones de construcción  $F_{r^{\text{mapa}}}$  para cada ubicación en el mapa de carriles peatonales (mencionado por  $r$ ). Cuando este es el caso, el valor mínimo  $e_L(l, r)$  se pueden tomar sobre las opciones.

40 Además, suponga que  $F_{r^{\text{mapa}}}$  se limitó la búsqueda dentro de los límites de búsqueda razonables de la incertidumbre de la ubicación, es decir,  $\{r : |\bar{\gamma}_r - \bar{\gamma}_l| < \sigma_r + \sigma_l\}$  para cada  $l$ , para limitar la complejidad de la búsqueda y la ambigüedad de coincidencia.

Ahora, el problema se puede considerar como: ¿cuál es el mejor ajuste de los nuevos datos de UPF en los datos de UPF del mapa de carriles peatonales:

$$45 \quad \hat{e}_L(l) = \min_r \{e_L(l, r)\}$$

$$\hat{r}(l) = \arg \min_r \{e_L(l, r)\}$$

50 Se puede derivar un dispositivo de decisión (con umbrales) ya que cuando hay una coincidencia de trayectoria larga

$$\hat{e}_L(l) \xrightarrow{L \rightarrow \infty} 0$$

55 y cuando no

$$\hat{e}_L(l) \xrightarrow{L \rightarrow \infty} 1$$

60 Después de encontrar una coincidencia, la coincidencia se optimiza

$$\hat{e}(l) = \min_{L_{\text{min}} \leq L \leq L_{\text{máx}}} \{\hat{e}_L(l)\}$$

65 Donde  $L_{\text{min}}$  y  $L_{\text{máx}}$  son parámetros predefinidos.

Se puede realizar una optimización adicional para minimizar el error mediante la interpolación de muestras fraccionarias.

5 Ahora tanto las nuevas UPF como las estimaciones de INS/FDR se fusionan con la estructura del mapa de carriles peatonales. En este ejemplo, se usa la Combinación de Relación Máxima (MRC) para fusionar las estimaciones de ubicación.

$$\sigma_{nueva(l)}^2 \leq \sigma_{nueva(l)}^2 + \sigma_{nueva(l)}^2$$

$$Y_{mapa}(\hat{r}(l)) = \frac{\frac{l}{\sigma_{mapa}^2(\hat{r}(l))} Y_{mapa}(\hat{r}(l)) + \frac{l}{\sigma_{nueva(l)}^2} Y_{nueva(l)}}{\frac{l}{\sigma_{mapa}^2(\hat{r}(l))} + \frac{l}{\sigma_{nueva(l)}^2}}$$

$$\sigma_{mapa}^2(\hat{r}(l)) \leq \frac{l}{\frac{l}{\sigma_{mapa}^2(\hat{r}(l))} + \frac{l}{\sigma_{nueva(l)}^2}}$$

$\sigma_{nueva(l)}^2$  es la medición de incertidumbre de la nueva ubicación,  $\sigma_{mapa}^2(\hat{r}(l))$  es la medición de incertidumbre de la ubicación del mapa coincidente y  $\sigma_e^2(\hat{r}(l))$  es una función de incertidumbre de la medida de error de la coincidencia (y se agrega porque la coincidencia introduce cierta incertidumbre adicional con respecto a la ubicación exacta).

Consulte ahora la Figura 6, un boceto de un túnel de correlación en un espacio de oficina típico. Como se indica en otra parte de esta descripción, las estimaciones de carriles pueden ser un túnel de correlación de trayectorias emparejadas mediante el uso de UPF y/o estimaciones de trayectorias cercanas entre sí con una incertidumbre de ubicación lo suficientemente pequeña (menos de una cantidad determinada). Un pasillo de oficina típico 600 puede tener un ancho 602 de 2 metros (2 m) y una altura 604 de 3 metros (3 m). Un túnel de correlación 606 puede estar formado por el movimiento de uno o más usuarios (correspondientes a los dispositivos móviles 116 asociados a los usuarios) en diferentes posiciones en el pasillo 600, tales como en el medio del pasillo 611, a la izquierda del medio 612 o a la derecha del medio 613. En este caso, el túnel de correlación ilustrativo tiene 0,9 m de altura y 0,5 m de ancho, centrado en la trayectoria calculada. El túnel de correlación puede representar diferentes posiciones de usuarios a medida que los usuarios viajan a través del pasillo y/o las diferentes posiciones del dispositivo móvil 116 asociado del usuario. Por ejemplo, el dispositivo móvil 116 del usuario puede estar más bajo que el usuario (usado en la cadera, sostenido en la mano), en el medio del usuario (en el bolsillo del pecho de una camisa o chaqueta) o más alto que el usuario (cerca de la cabeza mientras habla por teléfono). Para el túnel de correlación representado 606, por ejemplo,  $\sigma_e^2$  no debe exceder los 0,25 metros). Para la combinación de UPF, puede usarse una función de promedio con un factor de olvido, de modo que el mapa de carriles peatonales tenga un factor de olvido y pueda adaptarse a los cambios ambientales.

$$F_{mapa}(\hat{r}(l)) \leq (1 - \alpha)F_{mapa}(\hat{r}(l)) + \alpha(1 - \hat{e}(l))F_{nueva(l)}$$

$0 \leq \alpha < 1$

Las ubicaciones no coincidentes se agregan al mapa de carriles peatonales como aristas adicionales. La Figura 8 es un diagrama de bloques parcial de alto nivel de un sistema ilustrativo 900 configurado para implementar el sistema de la presente invención. El sistema 900 puede usarse para implementar uno o más componentes y/o módulos tales como el procesador 114, el servidor 130 y el servidor de procesamiento opcional 160. El sistema (sistema de procesamiento) 900 incluye un procesador 902 (uno o más) y cuatro dispositivos de memoria ilustrativos: una RAM 904, una ROM de arranque 906, un dispositivo de almacenamiento masivo (disco duro) 908 y una memoria flash 910, todos comunicándose a través de un bus común 912. Como se conoce en la técnica, el procesamiento y la memoria pueden incluir cualquier medio legible por ordenador que almacene software y/o microprograma y/o cualquier elemento(s) de hardware, incluidos, entre otros, elemento(s) de matriz lógica programable en campo (FPLA), hardware elemento(s) lógico(s) cableado(s), elemento(s) de matriz de puertas programables en campo (FPGA) y elemento(s) de circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). Puede usarse cualquier arquitectura de conjunto de instrucciones en el procesador 902 incluyendo, pero sin limitarse a, arquitectura de ordenador de conjunto de instrucciones reducido (RISC) y/o arquitectura de ordenador de conjunto de instrucciones complejas (CISC). Se muestra un módulo (módulo de procesamiento) 914 en el almacenamiento masivo 908, pero como será obvio para un experto en la técnica, se podría ubicar en cualquiera de los dispositivos de memoria.

El dispositivo de almacenamiento masivo 908 es un ejemplo no limitativo de un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que lleva un código legible por ordenador para implementar la metodología de mapeo, seguimiento, posicionamiento y navegación descrita en la presente memoria. Otros ejemplos de tales medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen memorias de sólo lectura tales como los CD que llevan tal código.

5 El sistema 900 puede tener un sistema operativo almacenado en los dispositivos de memoria, la ROM puede incluir un código de arranque para el sistema y el procesador puede configurarse para ejecutar el código de arranque para cargar el sistema operativo en la RAM 904, ejecutando el sistema operativo para copiar al código legible por ordenador a la RAM 904 y ejecutar el código.

10 La conexión de red 620 proporciona comunicaciones hacia y desde el sistema 900. Usualmente, una sola conexión de red proporciona uno o más enlaces, incluyendo conexiones virtuales, a otros dispositivos en redes locales y/o remotas. Alternativamente, el sistema 900 puede incluir más de una conexión de red (no mostrada), proporcionando cada conexión de red uno o más enlaces a otros dispositivos y/o redes.

El sistema 900 se puede implementar como un servidor o cliente conectado respectivamente a través de una red a un cliente o servidor.

15 Tenga en cuenta que una variedad de implementaciones para módulos y procesamiento son posibles, en dependencia de la aplicación. Los módulos se implementan preferentemente en software, pero también se pueden implementar en hardware y microprograma, en un solo procesador o en procesadores distribuidos, en una o más ubicaciones. Las funciones de módulo descritas anteriormente se pueden combinar e implementar como menos módulos o separarse en subfunciones e implementarse como una mayor cantidad de módulos. En base a la descripción anterior, un experto  
20 en la técnica podrá diseñar una implementación para una aplicación específica.

25 Tenga en cuenta que los ejemplos, los números usados y los cálculos ilustrativos descritos anteriormente son para ayudar en la descripción de esta modalidad. Los errores tipográficos involuntarios, los errores matemáticos y/o el uso de cálculos simplificados no restan valor a la utilidad y las ventajas básicas de la invención.

30 En la medida en que las reivindicaciones adjuntas se hayan redactado sin dependencias múltiples, esto se ha hecho sólo para acomodar requisitos formales en jurisdicciones que no permiten tales dependencias múltiples. Tenga en cuenta que todas las posibles combinaciones de características que estarían implícitas al hacer que las reivindicaciones sean multidependientes se contemplan explícitamente y se deben considerar parte de la invención.

35 Se apreciará que las descripciones anteriores tienen como única intención servir de ejemplos, y que son posibles muchas otras modalidades dentro del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para el mapeo, que comprende las etapas de:
  - 5 (a) recibir (200) datos de sensor (102) en base a la ubicación y la trayectoria de movimiento de un dispositivo móvil (116);
  - (b) generar (202), en base a los datos de sensor (102), un vector de estimación de trayectoria y un vector de medición de ubicación,
  - 10 (i) dicho vector de estimación de trayectoria que incluye ubicaciones del movimiento del dispositivo móvil (116); y
  - (ii) dicho vector de medición de ubicación que incluye una o más mediciones basadas en campo magnético o baliza de radiofrecuencia en cada una de dichas ubicaciones a partir de los datos de sensor (102) de cada una de dichas ubicaciones; y
  - 15 (c) generar (202) una o más características de trayectoria únicas, UPF, las UPF caracterizando dicha trayectoria, caracterizado porque dichas UPF se generan realizando una operación sobre dicha trayectoria de movimiento, en donde la operación se basa en dicho vector de estimación de trayectoria y dicho vector de medición de ubicación.
  - 20
2. El método de la reivindicación 1, que incluye además la etapa de:
  - 25 (d) comparar dichas UPF generadas con las UPF almacenadas en un mapa de carriles peatonales para determinar las UPF coincidentes.
3. El método de la reivindicación 1, que incluye además la etapa de: calcular, en base a dichas UPF, uno o más carriles peatonales a lo largo de los cuales se ha movido dicho dispositivo móvil (116).
- 30 4. El método de la reivindicación 1, que incluye además una etapa de calcular una o más estimaciones de carril en base a dichas UPF y luego calcular una convergencia de dichas estimaciones de carril en uno o más carriles peatonales.
- 35 5. El método de la reivindicación 1, en donde se selecciona una pluralidad de UPF de un grupo que consiste de:
  - (a) generado respectivamente para una pluralidad correspondiente de dispositivos móviles (116), y
  - (b) de origen colectivo desde una pluralidad correspondiente de dispositivos móviles (116).
- 40 6. El método de la reivindicación 1, que incluye además la etapa de: generar una trayectoria inversa en base a la inversión de los datos de sensor (102).
7. El método de la reivindicación 2, en donde dichas UPF coincidentes tienen carriles peatonales asociados.
- 45 8. El método de la reivindicación 7, que incluye además la etapa de: calcular, en base a los datos de sensor (102) y dichos carriles peatonales, una ubicación en uno de dichos carriles peatonales del dispositivo móvil (116).
9. El método de la reivindicación 2, que incluye una o más funciones seleccionadas del grupo que consiste en:
  - 50 a) encontrar una trayectoria en dicho mapa de carriles peatonales desde una primera ubicación seleccionada del grupo que consiste en:
    - (i) una ubicación actual del dispositivo móvil (116); y
    - (ii) una ubicación en dicho mapa de carriles peatonales, a una segunda ubicación seleccionada del grupo que consiste en:
    - 55 (iii) una ubicación de un dispositivo que no sea el dispositivo móvil (116); y
    - (iv) una ubicación en dicho mapa de carriles peatonales; y preparar características de dicha trayectoria para el seguimiento en tiempo real.
  - (b) generar instrucciones de guía para la navegación a una ubicación de destino en base a dicho mapa de carriles peatonales;
  - (c) seguir el dispositivo móvil (116) durante la navegación;
  - (d) actualizar dicho mapa de carriles peatonales en base a la información proporcionada por el usuario;
  - (e) analizar dicho mapa de carriles peatonales para generar análisis sobre el comportamiento del tráfico de peatones;
  - 60 (f) analizar las combinaciones de dicha ubicación del dispositivo móvil (116) y acciones del usuario; y
  - 65 (g) proporcionar carriles peatonales desde dichas UPF coincidentes a una pantalla de mapa.

10. El método de la reivindicación 1, en donde:

- (a) se genera una medición de la longitud de la trayectoria en base a los datos de sensor (102), y
- (b) dichas UPF se generan en una longitud de trayectoria correspondiente a dicha medición de longitud de la trayectoria.

11. El método de la reivindicación 10, en donde dicha medida de longitud de trayectoria se selecciona del grupo que consiste en

- (i) distancia estimada recorrida,
- (ii) distancia magnética estimada recorrida, y
- (iii) vector de medición de ubicación estimada de la distancia recorrida.

12. El método de la reivindicación 1, en donde dicho vector de medición de ubicación incluye una o más mediciones seleccionadas del grupo que consiste en:

- (a) mediciones de campo magnético;
- (b) mediciones de campo magnético calibradas;
- (c) indicador de la intensidad de la señal de radio, RSSI, mediciones de al menos una o más de las balizas de Wi-Fi, Bluetooth de baja energía, BLE, estación base celular u otra radiofrecuencia, RF;
- (d) pérdida de trayectoria, PL, mediciones de al menos una o más balizas de Wi-Fi, BLE, estación base celular u otras de RF;
- (e) diferencia horaria de llegada, TDOA, mediciones de al menos una o más balizas de Wi-Fi, BLE, estación base celular u otras de RF, y
- (f) en base a un cambio de una primera de dichas ubicaciones a otra de dichas ubicaciones.

13. El método de la reivindicación 1, en donde dicha operación es una o más técnicas seleccionadas del grupo que consiste en:

- (a) un producto escalar entre dicho vector de medición de ubicación y los cambios de medición;
- (b) autocorrelación;
- (c) correlación cruzada;
- (d) una integral de trayectoria sobre dicho vector de estimación de trayectoria;
- (e) autocorrelación entre dicho vector de medición de ubicación y los cambios de medición sobre dicho vector de estimación de trayectoria;
- (f) una integral de trayectoria de mediciones magnéticas sobre dicho vector de medición de ubicación;
- (g) una integral de trayectoria de las mediciones magnéticas sobre la estimación del cambio de trayectoria;
- (h) una integral de trayectoria de mediciones magnéticas sobre los cambios de mediciones magnéticas;
- (i) una función de RSSI;
- (j) una función de RSSI sobre dicho vector de medición de ubicación;
- (k) una integral de trayectoria de las mediciones de RSSI sobre los cambios de medición de RSSI;
- (l) una función de pérdida de trayectoria sobre dicho vector de medición de ubicación;
- (m) una integral de trayectoria de las mediciones de PL sobre los cambios de las mediciones de PL;
- (n) una función de TDOA sobre dicho vector de medición de ubicación;
- (o) una integral de trayectoria de TDOA sobre cambios en las mediciones de TDOA; o en donde dicha operación es una función de orientación invariable, independiente de la orientación del dispositivo móvil

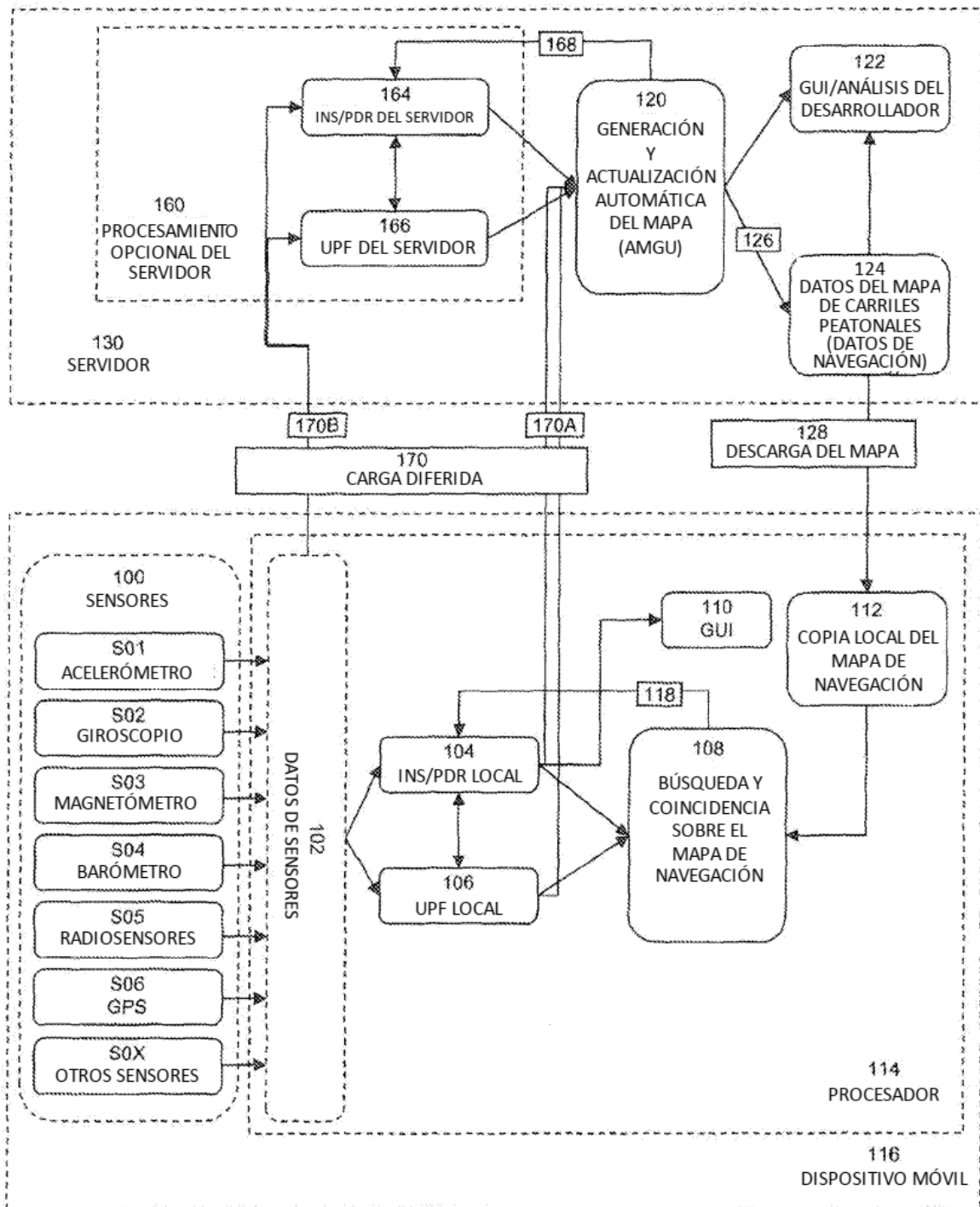


Figura 1

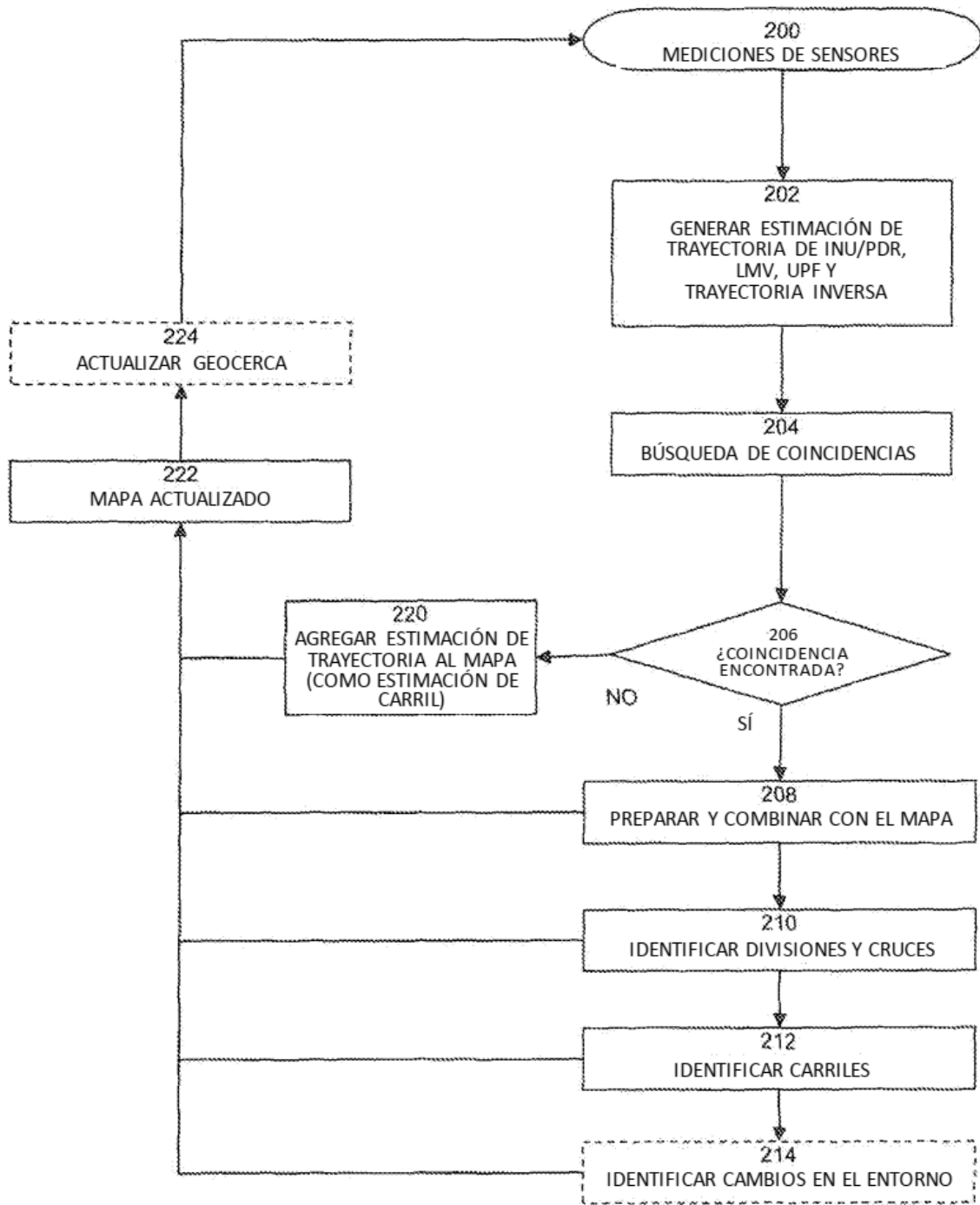


Figura 2

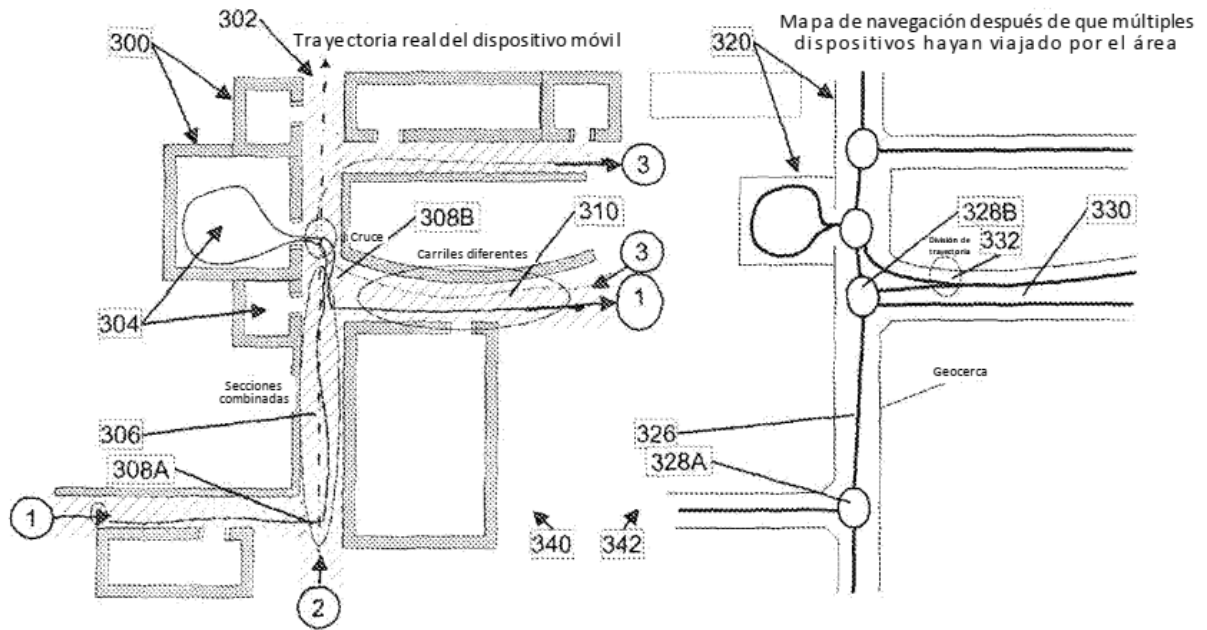


Figura 3

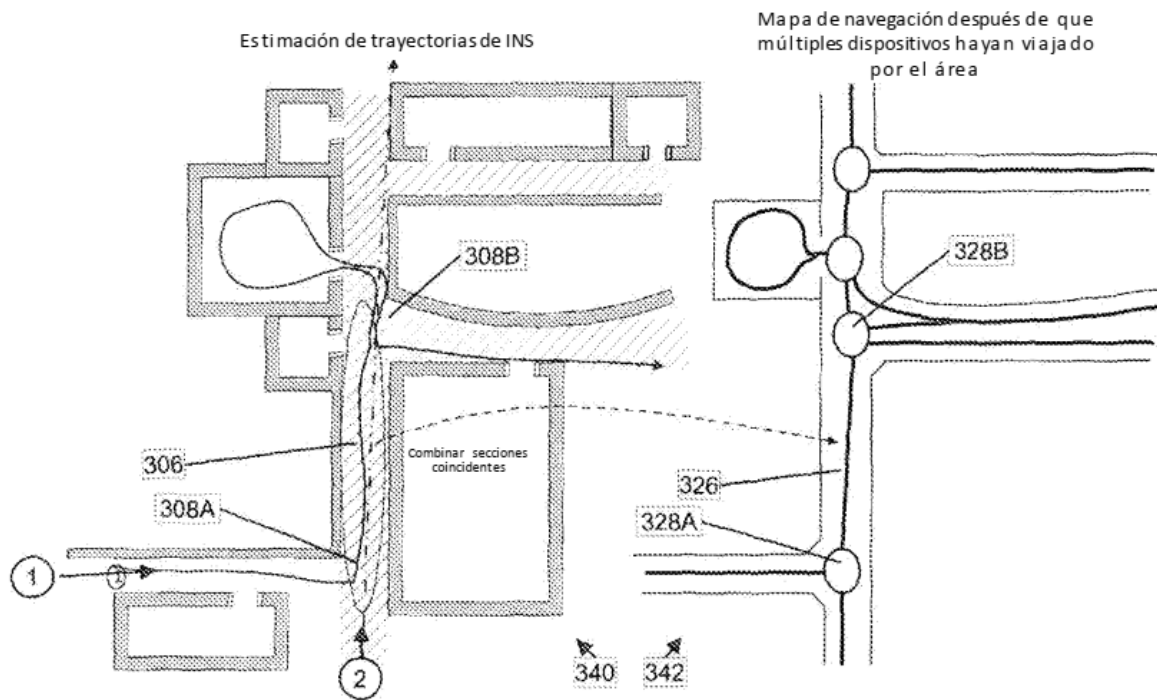


Figura 4

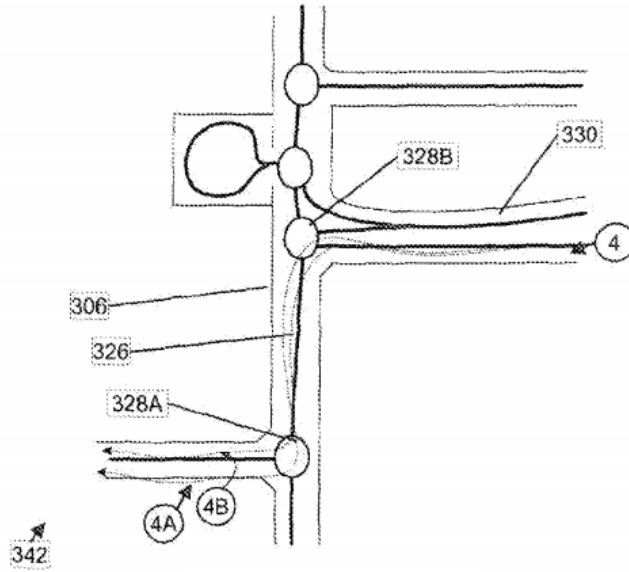


Figura 5

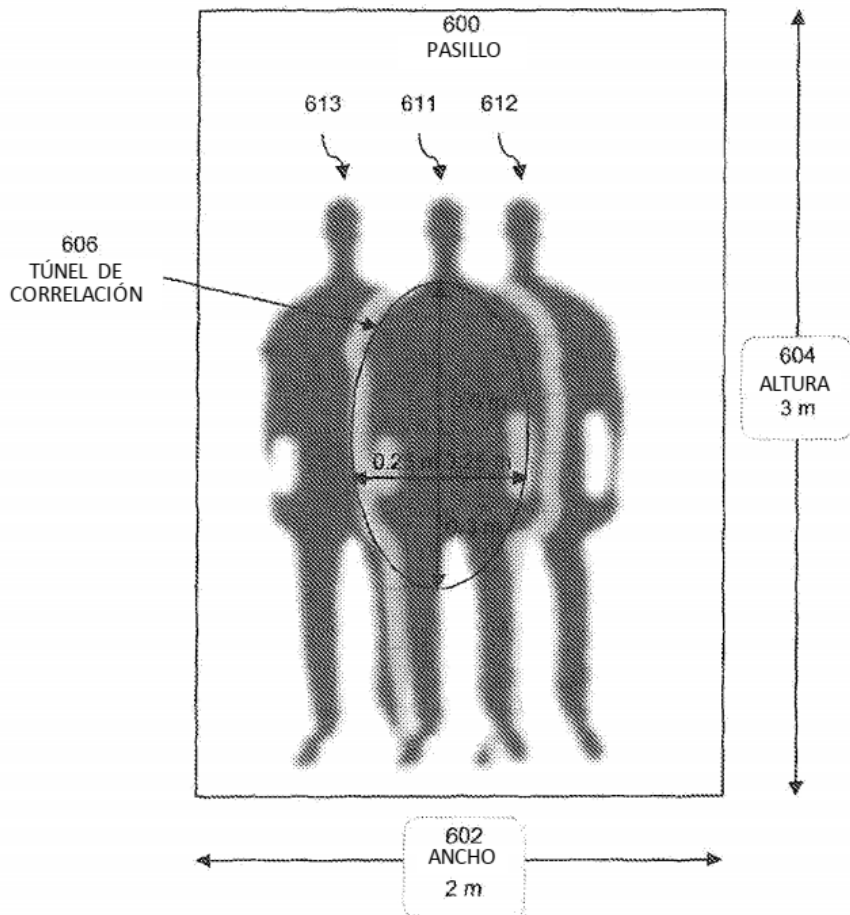


Figura 6

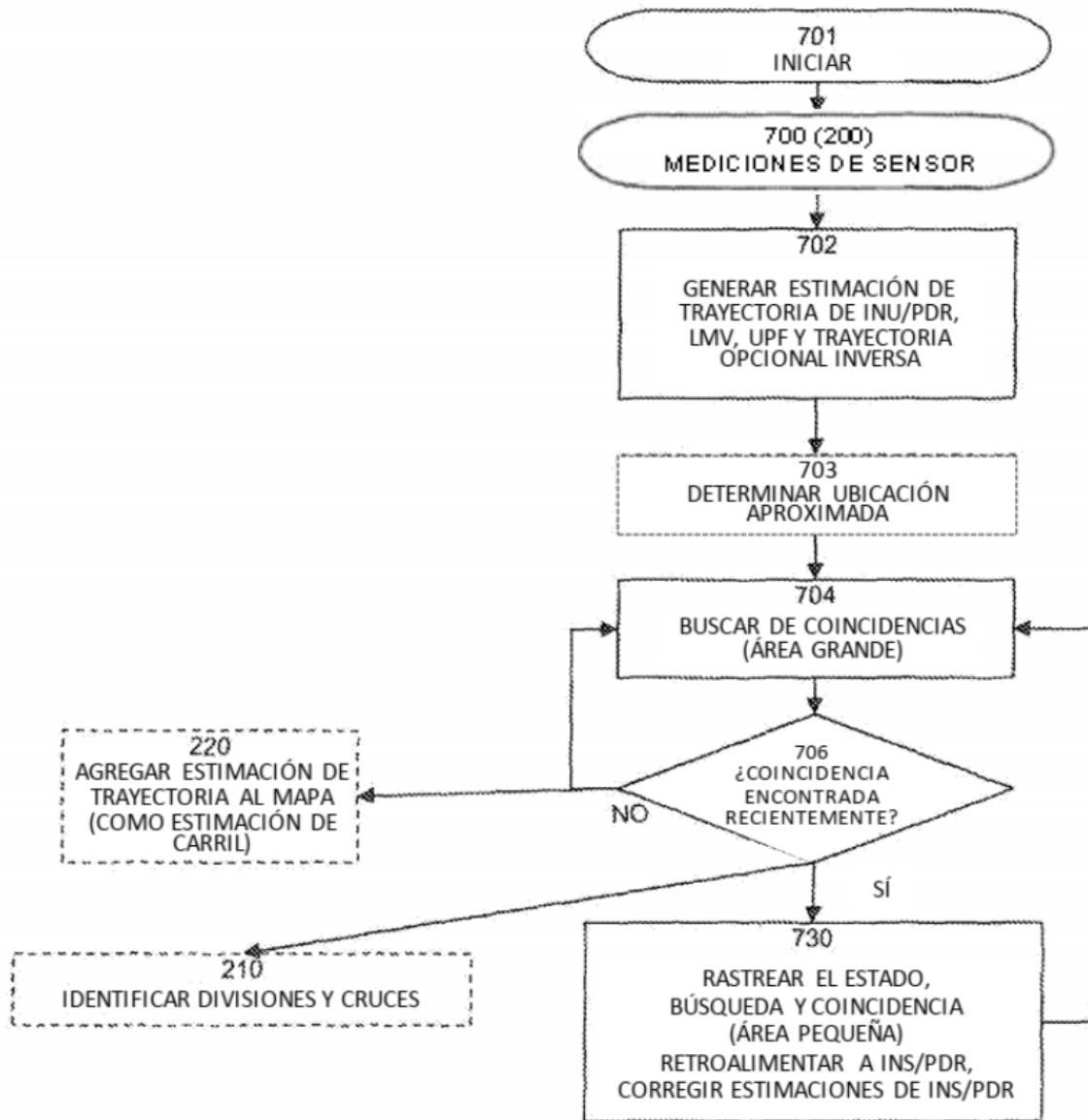


Figura 7

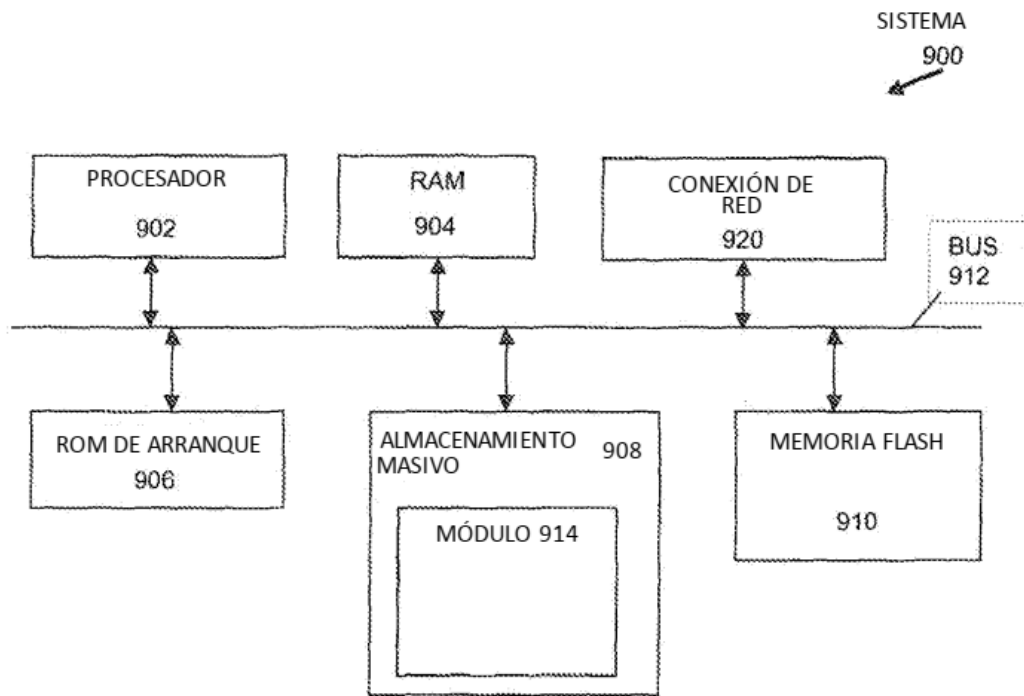


Figura 8