

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 610**

51 Int. Cl.:

G01S 19/19 (2010.01)

G01S 19/14 (2010.01)

G01S 19/39 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2016** **E 16189354 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018** **EP 3144703**

54 Título: **Generación de mapas de redes de senderos**

30 Prioridad:

16.09.2015 US 201562219533 P
14.09.2016 US 201615265403

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.10.2018

73 Titular/es:

STRAVA INC. (100.0%)
500 3rd Street Suite 110
San Francisco, CA 94107, US

72 Inventor/es:

KITCHEL, DAVIS

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 687 610 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

Generación de mapas de redes de senderos

5 **REFERENCIA CRUZADA A OTRAS SOLICITUDES**

Esta solicitud reivindica la prioridad con respecto a la solicitud de patente provisional de Estados Unidos de América n.º 62/219.533 (expediente de casos n.º STRAP010+), que lleva por título *GENERATING TRAIL NETWORK MAPS* ("Generación de mapas de redes de senderos"), presentada el 16 de septiembre de 2015.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

No existe un mapa preciso, exhaustivo y mundial de redes de senderos, ya que ninguna organización de mapas tiene un sistema de redes de senderos enrutable preciso, exhaustivo y mundial. Los senderos a menudo se encuentran en terrenos sin asfaltar o pavimentar, lo que también dificulta las labores de mapeo automatizado (por ejemplo, a través de un automóvil) de los senderos. Además, debido a que los senderos son caminos de tierra, su forma puede cambiar con el paso del tiempo (por ejemplo, debido al clima y/o al desgaste), lo que complica aún más el mapeo de los mismos.

15

20

Tom Goren-Bar y Joshua Greenfeld, en las Actas de IWGS 2012 del tercer taller internacional sobre GeoStreaming de ACM SIGSPATIAL, páginas 91-100, presentan un algoritmo para construir mapas vectoriales tridimensionales para la navegación todoterreno usando registros de pistas GPS. El algoritmo trata los registros de pistas GPS como una nube de puntos y realiza el agrupamiento de pistas agregando iterativamente la nube de puntos. La agregación se realiza mediante la simulación de fuerzas de atracción entre muestras que forman grupos de puntos que pertenecen al mismo sendero. A continuación, construye centros de agrupamiento a partir de los grupos y forma líneas centrales que conectan los centros de agrupamiento para crear una representación gráfica tridimensional. También se aplican enriquecimientos de gráficos, como por ejemplo la clarificación de cruces. Demostramos los resultados de nuestro algoritmo en un conjunto de datos simulado de diez pistas con fines de verificación y en un conjunto de datos de pistas GPS reales de senderos para bicicletas de montaña. Se proporciona un análisis de la precisión geodésica de la solución del algoritmo utilizando puntos de control en tierra que se midieron sobre el terreno.

25

30

La presente invención se define en las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35

En la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos se divulgan diferentes realizaciones de la invención.

La Figura 1 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de un sistema para generar mapas de redes de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

40

La Figura 2 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de un servidor de generación de mapas de redes de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

45

La Figura 3 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de un proceso para generar mapas de redes de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 4 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de un proceso para identificar una región de red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

50

La Figura 5 es un ejemplo de una región de red de senderos identificada de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 6 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de la identificación de actividades registradas por GPS que están asociadas con una región de red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

55

La Figura 7 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de determinación de ubicaciones de ramas de una red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 8 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de punto de datos de GPS registrado seleccionado y el punto de red inicial que está determinado basándose en el punto de datos de GPS registrado seleccionado.

60

La Figura 9 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de determinación de ubicaciones de ramas de una red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 10 es un diagrama en el que se muestra una parte de un ejemplo de tabla de puntos de red.

65

La Figura 11 es un diagrama en el que se muestra un círculo que se dibuja alrededor de una primera ubicación que

está a una distancia predeterminada de un punto de red actual.

La Figura 12 es un diagrama en el que se muestra un círculo que se dibuja alrededor de una segunda ubicación que está a una distancia predeterminada de un punto de red actual.

La Figura 13 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de pico en el número de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias y que se encuentran dentro del círculo correspondiente a un grado.

La Figura 14 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de dos picos en dos grados respectivos con respecto a un punto de red actual.

La Figura 15 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo que indica las dos ubicaciones asociadas con los dos grados para los cuales se han determinado los picos.

La Figura 16 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de tres picos en tres grados respectivos con respecto a un punto de red actual.

La Figura 17 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo que indica las tres ubicaciones asociadas con los tres grados para los cuales se han determinado los picos.

La Figura 18 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de puntos de red que se generan al ejecutar una instancia del proceso (900) de la Figura 9 a lo largo de la nueva rama que se descubrió en el ejemplo de la Figura 17.

La Figura 19 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de generación de cadenas de líneas correspondientes a las ramas de una red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 20A es un diagrama en el que se muestran puntos de red que se han generado para dos ramas de una red de senderos.

La Figura 20B es un diagrama en el que se muestran cadenas de líneas que son generadas basándose en los puntos de red de cada rama.

La Figura 20C es un diagrama en el que se muestra una división que se genera en la intersección de cadenas de líneas correspondientes a dos ramas que se intersecan.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se puede implementar la invención de numerosas maneras, entre las que figuran como un proceso, un aparato, un sistema, una composición de materia, un producto de programa informático incorporado en un medio de almacenamiento legible por ordenador y/o un procesador, como por ejemplo un procesador configurado para ejecutar instrucciones almacenadas en una memoria acoplada al procesador y/o provistas por dicha memoria. En esta especificación, estas implementaciones o cualquier otra forma que la invención pueda adoptar se pueden denominar técnicas. En general, el orden de los pasos de los procesos descritos puede modificarse dentro del ámbito de la invención. A menos que se indique lo contrario, un componente, como un procesador o una memoria, que se describe como configurado para realizar una tarea puede implementarse como un componente general que se configura temporalmente para realizar la tarea en un momento determinado o un componente específico que se fabrica para realizar la tarea. Tal y como se usa en el presente, el término "procesador" se refiere a uno o varios dispositivos, circuitos y/o núcleos de procesamiento configurados para procesar datos, como por ejemplo instrucciones de programas informáticos.

A continuación se ofrece una descripción detallada de una o varias realizaciones de la invención, junto con las figuras adjuntas que ilustran los principios de la invención. La invención se describe en relación con dichas realizaciones, pero la invención no está limitada a ninguna realización. El ámbito de la invención está limitado solo por las reivindicaciones y la invención abarca numerosas alternativas, modificaciones y equivalentes. En la siguiente descripción se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la invención. Estos detalles se proporcionan a fines de ejemplo y la invención se puede poner en práctica de acuerdo con las reivindicaciones sin algunos o todos estos detalles específicos. En aras de la claridad, no se ha descrito en detalle el material técnico que se conoce en los campos técnicos relacionados con la invención con el fin de no oscurecer innecesariamente la invención.

Tradicionalmente, el mapeo de redes de senderos se enfrenta a varias dificultades. Por ejemplo, la información registrada del sistema de posicionamiento global (GPS) puede experimentar inexactitudes debido a dispositivos de registro de GPS imprecisos, de manera que un registro específico de GPS y/o un dispositivo de registro de GPS específico pueden no generar información completamente fiable asociada con una red de senderos. Además, un conjunto específico de información registrada de GPS asociada con una red de senderos puede no atravesar cada rama de la red de senderos. Además, los senderos, que pueden encontrarse en caminos no asfaltados, pueden

cambiar con el tiempo en función de la temporada, el clima, las condiciones de la superficie y el desgaste ocasionado por los viajeros. Además, con el tiempo, se pueden añadir nuevas ramas y se pueden eliminar viejas ramas de una red de senderos.

En el presente documento se describen realizaciones de generación de mapas de redes de senderos. Para generar mapas de redes de senderos, primero se reciben una pluralidad de actividades registradas por GPS. En diversas realizaciones, una actividad registrada por GPS comprende una instancia registrada de la realización de una actividad deportiva, por ejemplo una carrera o un paseo en bicicleta, por ejemplo. Por ejemplo, cada actividad registrada por GPS es registrada por un dispositivo habilitado con GPS con al menos puntos de datos de GPS y marcas de tiempo a lo largo de varios puntos de la actividad registrada por GPS. Los datos auxiliares (por ejemplo, la velocidad, la frecuencia cardíaca o la potencia) también se pueden registrar a veces con cada punto de datos de GPS de una actividad registrada por GPS. Se identifica un subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS que está asociado con una región de red de senderos. En diversas realizaciones, una “región de red de senderos” es un área geográfica acotada o delimitada que se determina que incluye una red de senderos. En diversas realizaciones, una “red de senderos” incluye una o varias ramas de senderos (a veces denominadas en el presente simplemente como “ramas”), algunas de las cuales pueden intersectarse entre sí. Se genera un mapa de redes de senderos correspondiente a la región de red de senderos, basándose, al menos en parte, en el subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS. En diversas realizaciones, las partes de las actividades registradas por GPS que intersecan la región de red de senderos pueden usarse para determinar las ubicaciones de GPS (por ejemplo, los puntos de datos de GPS), que a veces se denominan en el presente “puntos de red”, a lo largo de una o varias ramas de la red de senderos en la región de red de senderos. En algunas realizaciones, los puntos de red adyacentes dentro de la red de senderos están conectados para obtener un mapa de la red de senderos. En algunas realizaciones, el mapa de redes de senderos puede presentarse (por ejemplo, en una interfaz de usuario) y/o usarse para proporcionar información de enrutamiento.

La generación de mapas de redes de senderos, tal y como se describe en el presente, aprovecha partes de datos de actividad registrados de GPS agregados que intersecan una región, incluida una red de senderos, para mapear recursivamente ubicaciones a lo largo de cada rama de la red de senderos. En algunas realizaciones, pueden usarse los datos de actividad registrados por GPS que se registran más recientemente para determinar la forma más actualizada de la red de senderos. Cualquier imprecisión en la información de GPS que pueda derivarse de una única fuente/dispositivo de registro de la forma de una red de senderos puede evitarse o mitigarse usando datos de actividad registrados de GPS agregados.

La Figura 1 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de un sistema para generar mapas de redes de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En el ejemplo, el sistema (100) incluye el dispositivo (102), la red (104), el servidor de agregación de datos de actividad (106) y el servidor de generación de redes de senderos (108). La red (104) puede incluir redes de datos de alta velocidad y/o redes de telecomunicación.

El dispositivo (102) es un dispositivo que puede registrar datos de GPS y/u otros datos asociados con una actividad registrada por GPS. El dispositivo (102) también puede ser un dispositivo al que se pueden cargar o transferir datos de GPS y/u otros datos asociados con una actividad física. Entre los ejemplos del dispositivo (102) figuran (pero sin estar limitados a los mismos): un dispositivo GPS (por ejemplo, dispositivos Garmin Forerunner® y Edge®, incluidos Garmin Forerunner® 110, 205, 301, 305, 310XT, 405, 405CX y Garmin Edge® 305, 605, 705, 500, 800, 810 y 1000, y modelos más nuevos a medida que se comercialicen), un dispositivo móvil, como por ejemplo un teléfono inteligente (por ejemplo, un dispositivo basado en Android® o un dispositivo Apple iPhone®), incluida una aplicación de registro de GPS (por ejemplo, MotionX®, Endomondo®, Strava® y RunKeeper®), un ordenador, una tableta y/u otros dispositivos informáticos de uso general y/o dispositivos informáticos especializados, entre los que generalmente se incluyen un procesador general, una memoria u otros componentes de almacenamiento, una red o capacidad de entrada/salida (E/S) y posiblemente una funcionalidad o soporte GPS integrados o una interfaz para un dispositivo GPS o funcionalidad GPS.

En diversas realizaciones, el dispositivo (102) (o una aplicación de seguimiento de actividades que se ejecuta en el mismo como, por ejemplo, una aplicación Strava®) está configurado para registrar datos de GPS y datos auxiliares asociados con cada instancia de una actividad de atleta durante dicha actividad. Por ejemplo, los datos auxiliares asociados con una actividad registrada por GPS pueden incluir datos fisiológicos, ambientales y/o de rendimiento. En algunas realizaciones, el dispositivo (102) está configurado para recibir datos de GPS registrados y datos auxiliares asociados con una actividad registrada por GPS después de la finalización de la actividad (por ejemplo, dicha información se carga en el dispositivo (102)).

En algunas realizaciones, una “actividad registrada por GPS” se refiere a una instancia de realización de una actividad deportiva. Entre los ejemplos de tipos de una actividad registrada por GPS figuran el ciclismo, correr y el esquí. En algunas realizaciones, los datos de GPS incluyen una serie de puntos de datos de GPS consecutivos y discretos (por ejemplo, coordenadas de latitud y longitud que a veces se denominan “datos Latitud-Longitud” (*Lat-Lng Data*)) con una marca de tiempo para cada punto de datos de GPS. En algunas realizaciones, los datos auxiliares incluyen (pero no se limitan a) datos barométricos (por ejemplo, datos de elevación), frecuencia cardíaca, potencia/vatios (por ejemplo, energía consumida), tiempo, velocidad (por ejemplo, velocidad media y/o velocidad máxima por segmento

y/o ruta, en la cual la velocidad media, por ejemplo, se puede derivar de la información de tiempo y de GPS) y/o cadencia. Los datos auxiliares se pueden registrar en varias granularidades. Por ejemplo, los datos auxiliares pueden corresponder a cada punto de datos de GPS, toda la actividad (por ejemplo, los datos auxiliares incluyen promedios de la métrica) y/o partes de la actividad. Por ejemplo, uno puede usar el dispositivo (102) en un paseo en bicicleta. Al final del paseo en bicicleta, el atleta puede revisar su rendimiento con los datos de GPS registrados (por ejemplo, a través de una interfaz de usuario del dispositivo (102)) para observar la ruta geográfica que recorrió, la cantidad de energía que consumió durante el entrenamiento, cuánto tiempo tardó en realizarlo, la velocidad media, las métricas basadas en la elevación y otras métricas. En algunas realizaciones, el dispositivo (102) está configurado para almacenar los datos de GPS registrados y los datos auxiliares y/o enviar los datos registrados asociados con la actividad de un atleta al servidor de agregación de datos de actividad (106). En algunas realizaciones, el dispositivo (102) está configurado para enviar los datos registrados asociados con una actividad registrada por GPS al servidor de agregación de datos de actividad (106) durante la actividad registrada por GPS (por ejemplo, en tiempo real) y/o después de que se haya completado la actividad registrada por GPS. En algunas realizaciones, el dispositivo (102) está configurado para presentar una interfaz de usuario interactiva (por ejemplo, a través de una aplicación de seguimiento de actividades que se ejecuta en el dispositivo (102)). La interfaz de usuario puede mostrar datos de GPS y recibir selecciones (por ejemplo, realizadas por un usuario) con respecto a las visualizaciones. En algunas realizaciones, el dispositivo (102) envía las selecciones que recibe al servidor de determinación de actividades de grupo (108).

En algunas realizaciones, se puede presentar una interfaz de usuario en el dispositivo (102) para solicitar la entrada del usuario de varios tipos de metadatos asociados con datos de actividad que serán registrados o que ya se han registrado. Por ejemplo, el usuario puede introducir en la interfaz de usuario del dispositivo (102) el tipo de zapatillas para correr que utilizó durante una actividad de carrera. En otro ejemplo, el usuario puede introducir en la interfaz de usuario del dispositivo (102) el tipo de bicicleta (por ejemplo, cuadro de bicicleta de montaña, cuadro de bicicleta de carretera o cuadro de bicicleta de ciclocrós) que el usuario ha utilizado durante una actividad de ciclismo.

El servidor de agregación de datos de actividad (106) está configurado para agregar datos de actividad de atleta registrados de dispositivos tales como el dispositivo (102). En algunas realizaciones, los datos de actividad registrados por GPS recibidos en el servidor de agregación de datos de actividad (106) son recibidos durante las actividades registradas por GPS (por ejemplo, en tiempo real) y/o de forma posterior a la finalización de las actividades deportivas. El servidor de agregación de datos de actividad (106) está configurado para almacenar información asociada con cada actividad registrada por GPS. Por ejemplo, la información asociada con cada actividad registrada por GPS incluye un identificador asociado con el atleta que realizó la actividad, el tipo de actividad asociado con la actividad, la fecha y/o el periodo de tiempo durante el cual tuvo lugar la actividad, el tipo de dispositivo que se utilizó para registrar los datos de actividad y el equipo utilizado por el atleta durante la actividad. En algunas realizaciones, la información asociada con cada actividad registrada por GPS puede incluir atributos asociados con la actividad registrada por GPS que fueron introducidos por un atleta y/o atributos asociados con la actividad registrada por GPS que se dedujeron de los datos registrados. En algunas realizaciones, la información asociada con cada actividad es almacenada por el servidor de agregación de datos de actividad (106) en una tabla de actividad que comprende una base de datos SQL. El servidor de agregación de datos de actividad (106) está configurado para almacenar el conjunto de datos de GPS (por ejemplo, un conjunto de puntos de datos de GPS/Lat-Lng) y los datos auxiliares correspondientes (por ejemplo, datos barométricos/de elevación, marcas de tiempo, vatios, frecuencia cardíaca, potencia, etc.) asociados con (por ejemplo, puntos de datos de GPS registrados a lo largo de) cada actividad registrada por GPS. En algunas realizaciones, el conjunto de datos de GPS y un conjunto correspondiente de datos auxiliares asociados con cada actividad registrada por GPS son almacenados por un servidor de agregación de datos de actividad (106) en un disco duro virtual (por ejemplo, *Amazon Simple Storage Service*) asociado a una disponibilidad de almacenamiento con expansión dinámica. El servidor de agregación de datos de actividad (106) está configurado para procesar los datos recibidos para cada actividad registrada por GPS y realizar una indexación espacial para cada actividad registrada por GPS basándose en el conjunto de datos de GPS asociados con la actividad registrada por GPS. En algunas realizaciones, al realizar la indexación espacial, la información de la tabla de actividad y el GPS y los datos auxiliares correspondientes del disco duro virtual se juntan y registran para cada punto de datos registrado por GPS y se colocan en una base de datos PostGIS o en otras estructuras de datos habilitados e indexados espacialmente. El servidor de agregación de datos de actividad (106) está configurado para enviar los datos de actividad agregados al servidor de generación de mapas de redes de senderos (108).

El servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para usar los datos de actividad agregados obtenidos por el servidor de agregación de datos de actividad con el fin de determinar primero una región de red de senderos en un área geográfica determinada. Por ejemplo, el área geográfica determinada puede ser introducida por un usuario. En algunas realizaciones, el área geográfica está dividida en una cuadrícula de teselas. Por ejemplo, una tesela puede tener 10 metros (m) por 10 m o alguna otra dimensión personalizable. En algunas realizaciones, el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para consultar el servidor de agregación de datos de actividad (106) y obtener datos de actividad asociados con un tipo de actividad predeterminada (por ejemplo, el ciclismo), y que opcionalmente ocurrió dentro de un periodo de tiempo especificado, que interseca las teselas en el área geográfica. En diversas realizaciones, una actividad que "se interseca" con una o varias teselas comprende una actividad para la cual al menos una parte de los puntos de datos de GPS registrados para la actividad están ubicados dentro de una o varias teselas. Entonces, el servidor de generación de mapas de

redes de senderos (108) está configurado para contar un número de actividades de ciclismo asociadas con un tipo predeterminado de metadatos (por ejemplo, actividades de ciclismo que se realizan con cuadros de bicicleta de montaña) que intersecan cada tesela y determinan si la tesela está asociada con una red de senderos en el área geográfica basándose al menos en parte en el recuento. El servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para identificar un conjunto de una o varias teselas contiguas que se determina que están asociadas cada una a la red de senderos en el área geográfica. Si el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) determina que el conjunto identificado de teselas contiguas satisface un umbral predeterminado de teselas contiguas, entonces el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para generar una región de red de senderos basándose al menos en parte en el conjunto de teselas contiguas. En diversas realizaciones, la región de red de senderos define el área aproximada en la cual está contenida la red de senderos. En algunas realizaciones, la región de red de senderos se denomina a veces "polígono" y está determinada como el conjunto de teselas contiguas y, opcionalmente, un búfer con una distancia predeterminada además del área abarcada por el conjunto de teselas contiguas.

Después de haber definido una región de red de senderos, en diversas realizaciones el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para consultar el servidor de agregación de datos de actividad (106) para obtener actividades (por ejemplo, que se realizaron dentro de un periodo de tiempo predeterminado) que intersecan la región de red de senderos. En algunas realizaciones, aunque solo se usaron datos de actividad de ciclismo para identificar regiones de redes de senderos (por ejemplo, polígonos), los datos de actividad asociados con múltiples (por ejemplo, todos los) tipos de actividad (por ejemplo, ciclismo, correr, senderismo, caminar) que intersecan una región de red de senderos pueden ser obtenidos del servidor de agregación de datos de actividad (106). En diversas realizaciones, el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para registrar un conjunto de atributos asociados con cada punto de datos de GPS que está incluido en cada parte de datos de actividad (por ejemplo, realizado dentro de un periodo de tiempo predeterminado) que se determinó que intersecaba la región de la red de senderos. En algunas realizaciones, el conjunto de atributos asociados con cada punto de datos de GPS incluye atributos que son determinados/registrados por un dispositivo, introducidos por un usuario y/o computados usando al menos información de GPS que fue registrada para la actividad con la que se asocian los puntos de datos de GPS.

El servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) está configurado para usar los datos de actividad que se intersecan con la región de red de senderos para determinar ubicaciones o "puntos de red" a lo largo de una o varias ramas dentro de la red de senderos. Como se describirá en mayor detalle a continuación, el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) es configurado para seleccionar un punto de datos de GPS registrado de una parte de una actividad que se ha determinado que interseca la región de red de senderos para usarlo como punto de referencia a partir del cual se puede determinar un punto de red inicial (que a veces se denomina "primer paso") de una rama. A continuación, el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) es configurado para mapear otras ubicaciones a lo largo de la misma rama de la red y/o descubrir una nueva rama de la red de senderos usando este punto de red inicial, así como los datos de actividad que intersecan la región de red de senderos y los atributos registrados de sus puntos de datos de GPS.

Aunque el servidor de agregación de datos de actividad (106) y el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) se muestran como servidores separados en el ejemplo de la Figura 1, en algunas realizaciones los dos componentes pueden implementarse en un único dispositivo o servidor.

Como se describirá más adelante en mayor detalle, las técnicas divulgadas en el presente para la generación de mapas de redes de senderos pueden aplicarse para generar un sistema global de redes de senderos basadas en datos de GPS que pueden recopilarse a partir de los usuarios de una aplicación de actividad/mapeo (por ejemplo, la aplicación (app) móvil Strava® disponible comercialmente) u otra aplicación de actividad/mapeo que puede recopilar datos de GPS de dispositivos móviles (por ejemplo, dispositivos móviles que pueden proporcionar una unidad de seguimiento GPS usando receptores de GPS integrados, como por ejemplo teléfonos inteligentes (*smartphones*), dispositivos GPS y/u otros dispositivos móviles que son compatibles con el seguimiento por GPS).

La Figura 2 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de un servidor de generación de mapas de redes de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1 puede implementarse usando el ejemplo como se muestra en la Figura 2. En el ejemplo, el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) incluye el almacenamiento de datos de actividad de usuario (202), un motor de identificación de regiones de redes de senderos (202), un motor de extracción de datos (206), un almacenamiento de datos extraídos (208), un motor de generación de redes de senderos (210), un motor de exportación de redes de senderos (212) y un almacenamiento de mapas de redes de senderos (214). Cada motor de identificación de regiones de redes de senderos (204), motor de extracción de datos (206), motor de generación de redes de senderos (210) y motor de exportación de redes de senderos (212) pueden implementarse, por ejemplo, como componentes de software distintos o integrados, que pueden incluir módulo(s), paquete(s) y/u otros subcomponentes distintos o integrados para proporcionar un programa informático ejecutable que puede realizar estas funciones descritas cuando se ejecuta en un procesador, y que se puede implementar usando un lenguaje de programación como Go, Java, Python, Objective C y/u otros lenguajes de programación. Un ejemplo de entorno informático de hardware para ejecutar los componentes de la Figura 2 incluye

un servicio de computación en la nube, como por ejemplo *Amazon Web Services* (AWS). Cada almacenamiento de datos de actividad de usuario (202), almacenamiento de datos extraídos (208) y almacenamiento de mapas de redes de senderos (214) puede implementarse como una o varias bases de datos (por ejemplo, bases de datos MySQL o Apache Cassandra) que pueden ejecutar Apache Cassandra.

El motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) está configurado para recibir información de identificación asociada con un área geográfica e identificar al menos una región de red de senderos en el área geográfica. Por ejemplo, el área geográfica puede ser introducida por el usuario y/o seleccionada de entre una o varias áreas conocidas (por ejemplo, parques nacionales) procedentes de una fuente de información geográfica (por ejemplo, la agencia del Servicio Geológico de los Estados Unidos, (USGS, *United States Geological Survey*)) que probablemente incluirá redes de senderos. El motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) está configurado para determinar las cuadrículas de las teselas dentro del área geográfica. Por ejemplo, las dimensiones de cada tesela son personalizables por un usuario. En algunas realizaciones, el motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) está configurado para obtener datos de actividad registrados que intersecan las teselas del área geográfica que está asociada solo a las actividades ciclistas procedentes del almacenamiento de datos de actividad del usuario (202) y/o de otra fuente. Al menos algunos de los datos de actividad ciclista que se determinan que intersecan cada tesela se almacenan con los metadatos introducidos por el usuario, como por ejemplo los tipos de bicicletas ("cuadros de bicicleta") que se utilizaron en la actividad. El motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) contabiliza el número de actividades de ciclismo que intersecan una tesela asociada con cuadros de bicicleta de montaña. El motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) está configurado para determinar si es probable que una tesela en esa área geográfica pueda incluir una parte de redes de senderos basándose en el recuento del número de actividades de ciclismo asociadas con los cuadros de bicicleta de montaña que se ha determinado intersecan esa tesela. El motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) es configurado entonces para identificar un conjunto de teselas contiguas, siendo probable que cada tesela incluya una parte de la red de senderos al haber alcanzado un umbral predeterminado para asociarse con una región de red de senderos. En algunas realizaciones, el motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) está configurado para definir una región de red de senderos (polígono) como el conjunto de teselas contiguas, además de un búfer adicional que comprende un área definida por una distancia predeterminada desde cada lado del conjunto de teselas contiguas para garantizar que toda la red de senderos está contenida dentro del área aproximada por la región de red de senderos.

El motor de extracción de datos (206) está configurado para obtener datos de actividad que intersecan una región de red de senderos que fue identificada por el motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) a partir del almacenamiento de datos de actividad de usuario (202) y/u otra fuente. En algunas realizaciones, el motor de extracción de datos (206) está configurado para obtener puntos de datos de GPS asociados solo a las partes (por ejemplo, el subconjunto de puntos de datos de GPS) de datos de actividad que intersecan la región de red de senderos y de aquellas actividades que se registraron durante un periodo predeterminado de tiempo (por ejemplo, el último año). Por ejemplo, se pueden usar datos de actividad GPS registrados más recientes para garantizar que la forma determinada de la red de senderos es la más actualizada. En algunas realizaciones, mientras que el motor de identificación de regiones de redes de senderos (204) obtiene solo datos de ciclismo para identificar la región de red de senderos, el motor de extracción de datos (206) está configurado para obtener datos de actividad asociados con uno o varios tipos de actividad (por ejemplo, senderismo, correr, ciclismo o caminar). El motor de extracción de datos (206) está configurado para generar una estructura de datos (por ejemplo, una tabla) en el almacenamiento de datos extraídos (208) que almacena un conjunto de atributos correspondientes a cada punto de datos de GPS que se ha determinado que interseca la región de red de senderos. En algunas realizaciones, el almacenamiento de datos extraídos (208) comprende una base de datos habilitada espacialmente, como por ejemplo PostGIS u Oracle Spatial, o usa otra base de datos habilitada espacialmente de código abierto o disponible comercialmente.

El motor de generación de redes de senderos (210) está configurado para usar los puntos de datos de GPS y el conjunto de atributos correspondientes a cada punto de datos de GPS que se obtiene mediante el motor de extracción de datos (206) para determinar ubicaciones (puntos de red) a lo largo de una o varias ramas de la red de senderos dentro de la región de la red de senderos. En diversas realizaciones, el motor de generación de redes de senderos (210) está configurado para seleccionar un punto de datos de GPS registrado de datos de actividad que interseca la región de red de senderos que se utiliza para determinar un punto de red inicial de una rama inicial de la red de senderos. En diversas realizaciones, el motor de generación de redes de senderos (210) está configurado para a continuación calcular recursivamente otros puntos de red a lo largo de la misma rama utilizando el punto de red inicial y también descubrir una o varias ramas nuevas de la red de senderos basándose en los puntos de red determinados de una rama determinada previamente de la red de senderos, como se describirá en detalle más adelante.

El motor de exportación de redes de senderos (212) está configurado para determinar un mapa de redes de senderos desde los puntos de red a lo largo de una o varias ramas de una red de senderos que fueron determinados por el motor de generación de redes de senderos (210). En algunas realizaciones, el motor de exportación de redes de senderos (212) está configurado para determinar una línea continua (o como a veces se denomina, una "cadena de líneas" (*linestring*)) a través de puntos de red adyacentes en una rama. En algunas realizaciones, el motor de exportación de redes de senderos (212) está configurado para dividir las cadenas de líneas en la intersección de ramas y las cadenas de líneas divididas resultantes deben incluirse en un mapa de redes de senderos que describe

la información de ubicación de las ramas en la red de senderos. El mapa de redes de senderos se almacena en el almacenamiento de mapas de redes de senderos (214) y puede utilizarse para satisfacer consultas de enrutamiento asociadas con la red de senderos. La división de las cadenas de líneas en las intersecciones permite que cada rama sea enrutable individualmente.

La Figura 3 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de un proceso para generar mapas de redes de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el proceso (300) se implementa en un sistema como el sistema (100) de la Figura 1. Específicamente, en algunas realizaciones, el proceso (300) se implementa en el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1.

En (302) se recibe una pluralidad de actividades registradas por GPS. Las actividades registradas por GPS asociadas con uno o varios tipos de actividades se obtienen a partir de dispositivos habilitados de GPS que registraron las actividades. Entre los ejemplos de tipos de actividad figuran las actividades de senderismo, correr, caminar y ciclismo.

En (304), se identifica un subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS que está asociado con una región de red de senderos. Una región de red de senderos comprende un área aproximada que contiene una red de senderos. En algunas realizaciones, la región de red de senderos comprende un conjunto de teselas contiguas de áreas geográficas, en donde se determina que cada tesela probablemente incluye una parte de una red de senderos basándose en la parte de al menos algunas de las actividades registradas por GPS que intersecan esa tesela.

En (306) se genera un mapa de redes de senderos correspondiente a la región de red de senderos basándose, al menos en parte, en el subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS. Se utilizan al menos algunas de las actividades registradas por GPS que intersecan la región de red de senderos para determinar puntos de red a lo largo de cada rama de la red de senderos que se incluye en la región de red de senderos. En algunas realizaciones, los puntos de red adyacentes a lo largo de cada rama se conectan y utilizan para generar un mapa de las ramas de la red de senderos.

La Figura 4 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de un proceso para identificar una región de red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el proceso (400) se implementa en un sistema como el sistema (100) de la Figura 1. Específicamente, en algunas realizaciones, el proceso (400) se implementa en el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1.

El proceso (400) es un ejemplo de proceso para identificar una región de red de senderos, la cual es un área aproximada que contiene una red de senderos.

En (402) se determina una pluralidad de teselas asociadas con un área geográfica. En algunas realizaciones, el área geográfica se determina mediante una entrada de usuario. En algunas realizaciones, se consulta el área geográfica desde una fuente de información geográfica (por ejemplo, la agencia del Servicio Geológico de los Estados Unidos o USGS) que identifica áreas geográficas que probablemente están asociadas con redes de senderos (por ejemplo, parques nacionales o ubicaciones de senderismo populares). En algunas realizaciones, las áreas geográficas que se sabe que no están asociadas con redes de senderos también pueden ser excluidas del análisis por el proceso (400).

En algunas realizaciones, el área geográfica se divide en una serie de "teselas" cuadradas. Por ejemplo, las teselas se pueden determinar usando Quadrees. En el esquema de Quadtree, se puede determinar el tamaño de cada tesela en función de un valor de nivel de zoom. Zoom 0 contiene el globo terráqueo como una sola tesela. Zoom 1 divide la Tierra en 4 teselas de igual tamaño. Zoom 2 divide cada una de las 4 teselas de Zoom 1 en 4 teselas, creando 16 teselas. En algunas realizaciones, el Zoom 16, que divide la Tierra en más de 4.000 millones de teselas que tienen aproximadamente 430 metros de largo y ancho, se utiliza en el proceso (400).

En (404), para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, se determinan datos de actividad de ciclismo que intersecan dicha tesela. Se identifican los datos de actividad de ciclismo (por ejemplo, los puntos de datos de GPS y otros metadatos que se han registrado para tipos de actividades de ciclismo) que intersecan cualquier tesela en el área geográfica. Los datos de actividad de ciclismo que intersecan una tesela comprenden actividades de ciclismo que incluyen al menos un punto de datos de GPS que se registró dentro del área abarcada por esa tesela.

En (406), para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, se determina una parte de los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña. En diversas realizaciones, cada actividad (por ejemplo, una serie registrada de puntos de datos de GPS) es almacenada con metadatos, por ejemplo el tipo de equipo, si lo hubiera, que fue utilizado por el usuario durante el tiempo en el que el dispositivo habilitado con GPS registró la actividad. Los metadatos pueden ser introducidos por el usuario y/o determinados de otra manera. El tipo de bicicleta que utilizó un usuario en una actividad registrada se conoce como "cuadros de bicicleta". Algunos ejemplos de cuadros de bicicleta incluyen los cuadros de bicicleta de montaña (generalmente utilizados en senderos u otros caminos de tierra), los cuadros de bicicleta de carretera (generalmente utilizados en carreteras asfaltadas) y los cuadros de bicicletas de ciclocrós (que se pueden usar en senderos o carreteras asfaltadas). En algunas realizaciones, se cuenta el número de actividades de ciclismo que intersecan cada tesela y que se realizan usando cuadros de bicicleta de montaña. En algunas realizaciones, se cuenta el número de

actividades de ciclismo que intersecan cada tesela y que se realizan usando cuadros de bicicleta de carretera. En algunas realizaciones, se cuenta el número de actividades de ciclismo que intersecan cada tesela y que se realizan utilizando cuadros de bicicleta de ciclocrós.

5 En (408), para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, se determina si la tesela está asociada o no con una red de senderos basándose, al menos en parte, en la parte de los datos de la actividad de ciclismo que intersecan la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña. En algunas realizaciones, se determina la relación del número de actividades de ciclismo que intersecan cada tesela y que se realizan utilizando cuadros de bicicleta de montaña en relación con el número de todas las actividades de ciclismo (por ejemplo, la suma del número de actividades de ciclismo en todos los cuadros de bicicleta, incluidos al menos los cuadros de bicicleta de montaña, los cuadros de bicicleta de ciclocrós y los cuadros de bicicleta de carretera) que intersecan la tesela, con independencia de la asociación con el cuadro de la bicicleta. En algunas realizaciones, se determina la relación de la suma del número de actividades de ciclismo que intersecan cada tesela y que se realizan utilizando cuadros de bicicleta de montaña o cuadros de bicicleta de ciclocrós en relación con el número de todas las actividades de ciclismo (por ejemplo, la suma del número de actividades de ciclismo en todos los cuadros de bicicleta, incluidos al menos los cuadros de bicicleta de montaña, los cuadros de bicicleta de ciclocrós y los cuadros de bicicleta de carretera) que intersecan la tesela, con independencia de la asociación con el cuadro de la bicicleta. En diversas realizaciones, la relación calculada para una tesela se compara con una relación de umbral predeterminada para determinar si la tesela está probablemente asociada con (por ejemplo, probablemente incluye una parte de) una red de senderos en el área geográfica. Por ejemplo, la relación de umbral predeterminada está configurada para que sea del 80%.

En (410) se determina al menos un subconjunto de teselas contiguas que satisface un conjunto predeterminado de umbral de teselas contiguas de la pluralidad de teselas, en el que cada tesela del conjunto de teselas contiguas está asociada con la red de senderos. A continuación, se determinan las teselas contiguas que se determina que probablemente estén asociadas cada una a la red de senderos. El conjunto determinado de teselas contiguas se compara con un conjunto predeterminado de umbral de teselas contiguas para determinar si es probable que el conjunto de teselas contiguas incluya la red de senderos. En algunas realizaciones, el conjunto predeterminado de umbral de teselas contiguas comprende un área cubierta por el conjunto de teselas contiguas. En algunas realizaciones, se determina el conjunto predeterminado de umbral de teselas contiguas basándose, al menos en parte, en el tamaño seleccionado de cada tesela.

En (412) se genera una región de red de senderos asociada con la red de senderos basándose al menos en parte en al menos un subconjunto de teselas contiguas. La región de red de senderos, un área aproximada que se determina que contiene la red de senderos, se genera usando al menos el conjunto de teselas contiguas. En algunas realizaciones, además del área cubierta por el conjunto de teselas contiguas, también se incluye en el área de red de senderos un área adicional que está determinada por una distancia predeterminada que se extiende desde el área cubierta por un conjunto de teselas contiguas. Debido a que la forma de la región de red de senderos se determina como un conjunto de teselas contiguas y, opcionalmente, un búfer adicional, esta se asemeja a un polígono, y la región de red de senderos se denomina a veces un "polígono".

La Figura 5 constituye un ejemplo de una región de red de senderos identificada de acuerdo con algunas realizaciones. En la Figura 5 se muestra una cuadrícula de teselas cuadradas que se ha determinado para un área geográfica. Aplicando un proceso como el proceso (400) de la Figura 4 a las teselas, se muestra sombreada cada tesela que se determina que probablemente está asociada con (por ejemplo, que probablemente incluye una parte de) una red de senderos en el área geográfica. A continuación, se determina el conjunto de teselas contiguas (502), donde se ha determinado que cada tesela probablemente está asociada con la red de senderos y que satisface un umbral predeterminado de conjunto de teselas contiguas. En el ejemplo de la Figura 5, se determina la región de red de senderos (506) (un polígono) añadiendo un búfer que comprende el área cubierta al extender el límite del conjunto de teselas contiguas (502) por una distancia predeterminada (504). Como tal, la región de red de senderos (506) es un área que aproximadamente encierra una red de senderos y está delimitada por el límite (506).

La Figura 6 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de identificación de actividades registradas por GPS que están asociadas con una región de red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el proceso (600) se implementa en un sistema como el sistema (100) de la Figura 1. Específicamente, en algunas realizaciones el proceso (600) se implementa en el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1. En algunas realizaciones, el paso (304) del proceso (300) de la Figura 3 se implementa al menos en parte usando el proceso (600).

El proceso (600) es un ejemplo de proceso para la extracción de datos de actividad que son relevantes para una región de red de senderos identificada. Los datos de actividad extraídos pueden ser usados a continuación por otro proceso de determinación de las ubicaciones a lo largo de las ramas de la red de senderos que se encuentra dentro de la región de red de senderos, como se describirá en un proceso como el proceso (700) de la Figura 7 más adelante.

En (602) se determinan los datos de actividad que intersecan una pluralidad de teselas asociadas con una región de red de senderos. En diversas realizaciones, se obtienen al menos partes de datos de actividad asociados con múltiples tipos de actividad (por ejemplo, senderismo, correr, andar y ciclismo) que intersecan una región de red de senderos

identificada. Por ejemplo, se identifica la región de red de senderos usando un proceso como el proceso (400) de la Figura 4. En algunas realizaciones, los datos de actividad asociados con múltiples tipos de actividad que intersecan la red de senderos identificada son actividades que han sido registradas durante un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, configurado por el usuario). Por ejemplo, el periodo de tiempo predeterminado pueden ser los seis meses más recientes porque las redes de senderos a menudo cambian debido al desgaste y a los patrones meteorológicos. Una parte de una actividad registrada que interseca la región de red de senderos incluye uno o varios puntos de datos de GPS de la actividad que están ubicados dentro de los límites de la región de red de senderos.

En (604), un conjunto de atributos correspondiente a cada punto de datos de GPS de al menos un subconjunto de puntos de datos de GPS de los datos de actividad determinados se almacena en una estructura de datos. En diversas realizaciones, cada punto de datos de GPS de los datos de actividad determinados que interseca o está ubicado dentro de la región de red de senderos se almacena con un conjunto correspondiente de atributos en una estructura de datos (por ejemplo, una tabla de datos) (por ejemplo, en una base de datos habilitada espacialmente). En algunas realizaciones, los atributos en un conjunto que se almacena con cada punto de datos de GPS incluyen atributos que son registrados por un dispositivo habilitado con GPS que también registró la actividad, calculada al menos en parte en los puntos de datos de GPS registrados de la actividad y/o la entrada del usuario.

A continuación se muestran algunos ejemplos de atributos que pueden almacenarse con cada punto de datos de GPS:

“Tipo: variable en caracteres”: describe el tipo de actividad.

“Atleta_id: entero”: describe el identificador del usuario que realizó la actividad.

“Id_actividad: entero”: describe el identificador de la actividad.

“Tipo_dispositivo: entero”: describe el tipo de dispositivo habilitado para GPS que se usó para registrar la actividad.

“Fecha_inicio_local: marca de tiempo (sin zona horaria)”: describe el tiempo de inicio de registro de la actividad con la que está asociado el punto de datos de GPS.

“Segundos: entero”: describe el número de segundos en la actividad en la que se registró el punto de datos de GPS.

“Elevación: doble precisión”: describe la elevación a la que se registró el punto de datos de GPS.

“Creado_en: marca de tiempo (sin zona horaria)”: describe la fecha y hora en que se cargó la actividad a un servidor de agregación de datos de actividad.

“Actualizado_en: marca de tiempo (sin zona horaria)”: describe la fecha y hora en que se actualizaron por última vez los datos almacenados en el servidor de agregación de datos de actividad.

“Tipo_de_cuadro: entero”: describe el tipo de bicicleta que se utilizó en la actividad.

“LatLong: geometría (Punto, 4326)”: describe la latitud-longitud del punto de datos de GPS.

“Rumbo: doble precisión”: describe el rumbo (por ejemplo, dirección) del punto de datos de GPS.

“Fc: doble precisión”: describe la frecuencia cardíaca en el momento en que se registró el punto de datos del GPS (cuando está disponible).

“Vatios: doble precisión”: describe las unidades de potencia generadas por el usuario en el punto de datos de GPS.

“Movimiento: entero”: describe si la persona que está realizando el registro se estaba moviendo o estaba estacionaria.

La Figura 7 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de determinación de ubicaciones de ramas de una red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el proceso (700) se implementa en un sistema como el sistema (100) de la Figura 1. Específicamente, en algunas realizaciones, el proceso (700) se implementa en el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1. En algunas realizaciones, el paso (306) del proceso (300) de la Figura 3 se implementa al menos en parte usando el proceso (700).

El proceso (700) es un ejemplo de proceso para generar una red de senderos basándose en los datos de actividad obtenidos que intersecan la región de red de senderos que incluye la red de senderos.

En (702), una ubicación inicial asociada con una red de senderos se basa, al menos en parte, en la selección de un punto de datos de GPS registrado a partir de datos de actividad que intersecan una región de red de senderos asociada con la red de senderos. En diversas realizaciones, ya han sido determinados los datos de actividad que intersecan

una región de red de senderos asociada con la red de senderos utilizando un proceso como el proceso (600) de la Figura 6. En algunas realizaciones, se selecciona un punto de datos de GPS registrado específico que se encuentra ubicado dentro de la región de red de senderos y está asociado con una actividad que se ha determinado que interseca la región de red de senderos, el cual se utilizará como punto de referencia para determinar el punto de red inicial de una rama inicial de la red de senderos.

Se puede seleccionar el punto de datos de GPS registrado que se utilizará como punto de referencia para determinar el punto de red inicial de una rama inicial del sendero mediante el uso de diferentes técnicas. En un primer ejemplo, el punto de datos de GPS registrado se selecciona arbitrariamente de entre varios puntos de datos de GPS de actividad registrados que se encuentran dentro de la región de red de senderos de las actividades que intersecan la región de red de senderos. En un segundo ejemplo, el punto de datos de GPS registrado se selecciona arbitrariamente de entre varios puntos de datos de GPS de actividad registrados que se encuentran dentro de la región de red de senderos de las actividades que intersecan la región de red de senderos y donde tales actividades se registran mediante un tipo seleccionado de dispositivo habilitado con GPS (por ejemplo, un dispositivo que se sabe que tiene una alta precisión en el registro de información de GPS). En un tercer ejemplo, se puede seleccionar un punto de datos de GPS registrado para ser usado como punto de referencia para determinar el punto de red inicial si se determina que los datos de GPS registrados tienen un número predeterminado (por ejemplo, un porcentaje predeterminado del número total de actividades distintas que se han determinado que intersecan la región de red de senderos, por ejemplo, un 5%) de actividades distintas dentro de un área predeterminada a su alrededor (por ejemplo, dentro de un radio de 10 m de ese punto de datos de GPS). En un cuarto ejemplo, la región de red de senderos se divide en cuadrículas y se encuentra una cuadrícula que tiene al menos un número umbral de actividades distintas dentro de un área predeterminada (por ejemplo, 5 m o 10 m). A continuación, se selecciona una actividad que interseca esa cuadrícula y se selecciona el punto de datos de GPS más antiguo registrado de la actividad seleccionada que se determina que interseca la región de red de senderos —o se encuentra dentro de la misma— para ser usado como punto de referencia para determinar el punto de red inicial.

En varias realizaciones, se determina el número de actividades distintas que están a una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) a lo largo de la dirección de cada uno de los 360 grados en relación con el punto de datos de GPS registrado seleccionado con el fin de seleccionar un grado (por ejemplo, una dirección relativa al punto de datos de GPS registrado seleccionado) que está asociado con la mayor cantidad de actividades distintas (lo que indica que esta dirección es probable a lo largo de la ruta de una rama de la red de senderos). Por ejemplo, en una ubicación a 10 m de distancia del punto de datos de GPS registrado seleccionado a lo largo de cada grado de 360 grados con respecto al punto de datos de GPS seleccionado, se barre un círculo de 5 m de radio (o cualquier otro radio predeterminado) desde esa ubicación (por ejemplo, habrá 360 círculos de ese tipo, un círculo por cada grado). Después se determina para ese círculo el número de actividades distintas para las cuales al menos un punto de datos de GPS está encerrado en cada uno de los círculos. El grado asociado con el círculo que encierra el mayor número de actividades distintas puede ser considerado la dirección relativa al punto de datos de GPS registrado seleccionado en el que se encuentra el punto de red inicial y el centro de este círculo puede ser considerado la ubicación del punto de red inicial. La Figura 8 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de punto de datos de GPS registrado seleccionado y el punto de red inicial que se determina basándose en el punto de datos de GPS registrado seleccionado. En ese ejemplo, se muestra el punto de datos de GPS (806) registrado seleccionado con puntos de datos de GPS de actividades que se ha determinado que intersecan la región de red de senderos. El círculo (804) muestra el área que se determina barriendo una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) desde el punto de datos de GPS registrado seleccionado (806). Aunque no se muestra en la Figura 8, se barre un círculo de un radio de 5 m alrededor de cada punto en el círculo (804) correspondiente a cada grado con respecto al punto de datos de GPS registrado seleccionado (806), donde el punto cardinal norte está asociado con el grado 0 en el ejemplo. Se hace un recuento del número de actividades distintas que intersecan cada círculo de los 360 círculos y se determina que el círculo cuyo centro, ubicación (802), está a 10 m de distancia y en el grado 240° relativo al punto de datos de GPS registrado seleccionado (806), incluye la mayor cantidad de actividades distintas. De esta forma, se selecciona la ubicación (802) en el punto de red inicial de la rama inicial de la red de senderos.

En algunas realizaciones, el punto de red inicial y la información relacionada con el entorno de puntos de datos de GPS del punto de red inicial asociado con actividades que intersecan la región de red de senderos son registrados en una estructura de datos (por ejemplo, una tabla de datos) asociada con puntos de red de la red de senderos. En algunas realizaciones, la información de identificación de la rama inicial de la cual forma parte el punto de red inicial también se incluye en la estructura de datos de puntos de red. Más adelante se describirán en mayor detalle ejemplos de la información que se almacena con cada punto de red.

Volviendo a (704), se utilizan el punto de red inicial y al menos un subconjunto de los datos de actividad para determinar recursivamente los puntos de red a lo largo de una o varias ramas de la red de senderos. El proceso recursivo de búsqueda de puntos de red a lo largo de cada rama de la red de senderos utiliza el punto de red inicial de la rama inicial como el primer punto de red actual en la red de senderos. Se utiliza el entorno del (primer) punto de red (actual) inicial de puntos de datos de GPS asociados con actividades que intersecan la región de red de senderos para determinar el nuevo próximo punto de red actual (por ejemplo, un nuevo punto de datos de GPS que se establece como el nuevo punto de red actual) a lo largo de la misma rama de la red de senderos. Además, la información relacionada con el entorno del nuevo punto actual de red de puntos de datos de GPS asociados con actividades que

intersecan la región de red de senderos es registrada en la estructura de datos de punto de red (por ejemplo, una tabla de datos) junto con información de identificación asociada con la rama. A continuación, se utiliza el nuevo entorno actual del punto de red de puntos de datos de GPS asociados con actividades que intersecan la región de red de senderos para determinar un próximo nuevo punto de red actual a lo largo de la misma rama de la red de senderos, y así sucesivamente. En varias realizaciones, el entorno del punto de red actual de los puntos de datos de GPS asociados con actividades que intersecan la región de red de senderos revela un nuevo punto de red actual en una nueva rama en la red de senderos, además de un próximo nuevo punto de red actual a lo largo de la misma rama de la red de senderos. Se realiza un proceso recursivo similar de generación de cada nuevo punto próximo de red actual en cada nueva rama de la red de senderos. El proceso recursivo para generar puntos de red en cada rama de la rama de la red de senderos se lleva a cabo hasta que se encuentra una condición de parada. Por ejemplo, la condición de parada es que un nuevo punto de red actual está dentro de una distancia predeterminada de un punto de red generado previamente. O en otro ejemplo, la condición de parada es que un nuevo punto de red actual comprende un punto de datos de GPS que se encuentra fuera de los límites de la región de red de senderos.

En diversas realizaciones, mientras que se determina el punto de red inicial de la red de senderos en relación con un punto de datos de GPS registrado seleccionado de una actividad registrada por un dispositivo habilitado con GPS que interseca la región de red de senderos, cada punto de red determinado posteriormente puede ser un punto de datos de GPS que se determina con relación al punto de datos de GPS de un punto de red generado previamente. De esta forma, en general un punto de red generado puede no coincidir necesariamente con un punto de datos de GPS que en la actualidad está registrado por un dispositivo habilitado con GPS para una actividad registrada.

La Figura 9 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de determinación de ubicaciones de ramas de una red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el proceso (900) se implementa en un sistema como el sistema (100) de la Figura 1. Específicamente, en algunas realizaciones el proceso (900) se implementa en el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1. En algunas realizaciones, el paso (306) del proceso (300) de la Figura 3 se implementa al menos en parte utilizando el proceso (900).

El proceso (900) constituye un ejemplo de proceso que describe el proceso recursivo de generación de puntos de red en ramas de una red de senderos basándose en los datos de actividad obtenidos que intersecan la región de red de senderos que incluye la red de senderos.

En (904) se almacenan datos asociados con un punto de red actual.

Si el punto de red actual es el punto de red inicial para toda la red de senderos, entonces se determinó el punto de red inicial en relación con un punto de datos de GPS registrado seleccionado de una actividad que se determinó que intersecaba la región de la red de senderos. Puede seleccionarse el punto de red inicial basándose en una técnica como las descritas en el paso (702) del proceso (700) de la Figura 7.

Si el punto de red actual no es el punto de red inicial para la red de senderos, entonces se determinó el punto de red actual mediante una iteración previa del proceso (900) con respecto al punto de red actual inmediatamente anterior.

Los datos asociados con el punto de red actual se almacenan en una tabla de puntos de red. En algunas realizaciones, los datos asociados con el punto de red actual que están almacenados en la tabla de puntos de red incluyen los atributos asociados con el punto de red actual y/o el conjunto de puntos de datos de GPS que se encuentra dentro de un entorno del punto de red actual y/o la información almacenada para el punto de red inmediatamente anterior, si lo hubiera. En algunas realizaciones, los datos asociados con el punto de red actual que están almacenados en la tabla de puntos de red incluyen la información de identificación asociada con la rama a la que pertenece el punto de red actual. La Figura 10 es un diagrama en el que se muestra una parte de un ejemplo de tabla de puntos de red. En el ejemplo de la Figura 10, la columna izquierda de la tabla incluye los atributos que se almacenarán para cada nuevo punto de red actual, la columna central de la tabla incluye el tipo del valor correspondiente a la misma fila, y la columna derecha de la tabla incluye los valores correspondientes de un nuevo punto de red actual, los cuales serán determinados. Se pueden determinar los valores de los atributos de la tabla a partir del punto de red actual y/o del conjunto de puntos de datos de GPS que se encuentran dentro de un entorno del punto de red actual y/o la información almacenada para el punto de red inmediatamente anterior, si lo hubiera. Entre los ejemplos de atributos del ejemplo de tabla de puntos de red figuran:

“Actividades_totales”: una matriz de actividades totales (por ejemplo, distintas) encontradas a una distancia predeterminada (por ejemplo, 5 m) del punto de red examinado (el punto de red actual) Obsérvese que el punto de red examinado se encuentra a una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) a lo largo de un grado seleccionado de 360 grados con respecto al punto de red inmediatamente anterior (por ejemplo, a lo largo de la misma rama) (o el punto de datos de GPS registrado seleccionado si el punto de red examinado es el punto de red inicial). Por ejemplo, el punto de red examinado se encuentra a 10 m a lo largo del grado 270 con respecto al punto de red inmediatamente anterior, por lo que el valor de “Actividades_totales” para el punto de red actual incluye los identificadores de todas las actividades distintas que se encuentran dentro de una distancia predeterminada (por ejemplo, 5 m) alrededor del punto de red que se está examinando.

“Geometría”: la ubicación (por ejemplo, la coordenada latitud-longitud u otra información de GPS) del punto de red que se está examinando.

5 “Rumbo_punto”: el rumbo de grado del punto de red que se está examinando es el del punto de red inmediatamente anterior.

10 “Rumbo_encontrado”: se determina el valor “Rumbo_encontrado” al encontrar en primer lugar el subconjunto de actividades cuya dirección está dentro de un búfer (por ejemplo, de 20 grados) del grado en que el punto de red que se está examinando es relativo al punto de red inmediatamente anterior (el promedio de dirección de desplazamiento de los puntos de datos de GPS encontrados de las actividades que se encuentran dentro de un búfer (por ejemplo, 20 grados) del grado (por ejemplo, el valor del atributo “Rumbo_punto”) en relación con el punto de red inmediatamente anterior (o el punto de datos de GPS registrado seleccionado si el punto de red examinado es el punto de red inicial) a lo largo del cual el punto de red que se está examinando está ubicado. A continuación, el promedio de dirección de desplazamiento del subconjunto de actividades determinado se almacena como el valor “Rumbo_encontrado”. Por ejemplo, si el punto de red examinado se encuentra en el grado 270 con respecto al punto de red inmediatamente anterior, entonces se identifica el subconjunto de actividades cuyas direcciones están dentro del intervalo de búfer de 20 grados (250 a 290 grados) y el promedio de dirección de esas actividades se almacena como el valor “Rumbo_encontrado” para el punto de red que se está examinando.

20 “Segundos_totales”: una matriz de enteros que se alinea con la matriz de enteros del atributo “Actividades_totales”. El atributo “Segundos_totales” comprende una matriz de enteros, en donde cada entero corresponde a la marca de tiempo registrada para el punto de datos de GPS registrado más antiguo (por ejemplo, dentro del radio predeterminado de 5 m desde el punto de red examinado) que corresponde a una actividad correspondiente en el atributo “Actividades_totales” para el punto de red examinado.

30 “Dif_tiempo”: se determina el valor de “Dif_tiempo” identificando primero el subconjunto de actividades cuya dirección está dentro de un búfer (por ejemplo, de 20 grados) del grado (por ejemplo, el valor del atributo “Rumbo_punto”), siendo el punto de red que se está examinando relativo al punto de red inmediatamente anterior. A continuación, para cada actividad del subconjunto, encuentra la diferencia entre el valor de “Segundos_totales” de la actividad que se almacena para el punto de red examinado y el valor de “Segundos_totales” de la actividad que se almacena para el punto de red inmediatamente anterior. El promedio de estas diferencias se almacena como el valor de “Dif_tiempo” para el punto de red que se está examinando.

35 “Recuento_actividades_totales”: un recuento de las distintas actividades encontradas dentro de una distancia predeterminada (por ejemplo, de 5 m) del punto de red examinado (por ejemplo, el recuento del número de enteros en la matriz “Actividades_totales”).

40 “ID_rama”: incluye el identificador de la rama a la que pertenece el punto de red examinado.

“Dirección”: indica si el punto de red examinado va hacia adelante (en la misma dirección de desplazamiento que las actividades encontradas (por ejemplo, en el campo “Actividades_totales”)) o hacia atrás. Esto se determina mediante el campo “Dif_tiempo”.

45 “ID”: indica el identificador del punto de red que se está examinando.

“Recuento_actividades_comunes”: el número de actividades que son comunes entre el atributo “Actividades_totales” que se almacena para el punto de red examinado y el atributo “Actividades_totales” que se almacena para el punto de red inmediatamente anterior.

50 “Actividad_común”: una matriz que incluye los identificadores de actividad que son comunes entre el atributo “Actividades_totales” que se almacena para el punto de red que se está examinando y el atributo “Actividades_totales” que se almacena para el punto de red inmediatamente anterior.

55 Volviendo a la Figura 9, en (906) se determina un círculo alrededor de una ubicación que está a una distancia predeterminada del punto de red actual en cada grado en relación con el punto de red actual. Para cada grado de 360° con respecto al punto de red actual, se dibuja un círculo de un radio predeterminado alrededor de una ubicación que está a una distancia predeterminada del punto de red actual. Por ejemplo, puede realizarse el paso (906) creando 360 instancias de un círculo de 10 m de diámetro centrado a 10 m de distancia del punto de red actual, en cada uno de los 360° con respecto al punto de red actual. El círculo dibujado en una ubicación a lo largo de cada grado encierra un conjunto de puntos de datos de GPS de las actividades que se ha determinado que intersecan el área de la red de senderos. La Figura 11 es un diagrama en el que se muestra un círculo que se dibuja alrededor de una primera ubicación que está a una distancia predeterminada de un punto de red actual. En el ejemplo de la Figura 11, se muestra un círculo que se dibuja alrededor de una ubicación que está a 10 m del punto de red actual a lo largo del grado 0 con respecto al punto de red actual. En el ejemplo de la Figura 11, se determina el grado 0 en relación con el punto de red actual como la dirección del punto cardinal norte. La Figura 12 es un diagrama en el que se muestra un

círculo que se dibuja alrededor de una segunda ubicación que está a una distancia predeterminada de un punto de red actual. En el ejemplo de la Figura 12, se muestra un círculo que se dibuja alrededor de una ubicación que está a 10 m del punto de red actual a lo largo del grado 270 en relación con el punto de red actual. En el ejemplo de la Figura 12, el grado 270 en relación con el punto de red actual se determina como la dirección del punto cardinal oeste.

Volviendo a la Figura 9, en (908), se determina para cada círculo un conjunto de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias de entre los datos de actividad que intersecan el círculo. Para cada círculo de los 360 círculos que está asociado con un grado correspondiente en relación con el punto de red actual, se analizan los puntos de datos de GPS registrados que están encerrados dentro del círculo para un conjunto de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias. Un punto de datos de GPS registrado que reúne las condiciones necesarias comprende un punto de datos de GPS que cumple uno o varios criterios. En algunas realizaciones, un punto de datos de GPS registrado que reúne las condiciones necesarias comprende un punto de datos de GPS registrado que satisface los siguientes ejemplos de criterios:

1) Tiene un identificador de actividad (por ejemplo, un ID de actividad) común a uno almacenado en el atributo "Actividades_totales" (en la tabla de puntos de red) para el punto de red registrado inmediatamente anterior en la rama de red actual.

2) Tiene un rumbo (por ejemplo, una dirección de desplazamiento) dentro de un umbral determinado del grado del círculo que se está sometiendo a prueba. Por ejemplo, se puede aplicar un umbral de 75°, donde el grado del círculo está en el centro de los 75°.

3) Se encuentra dentro de un umbral de tiempo de registro (por ejemplo, dentro de un minuto en el tiempo de registro) desde el punto de datos de GPS registrado anterior para la misma actividad (por ejemplo, para asegurar que los puntos de datos de GPS registrados son contiguos).

Se determina la cantidad de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias que se encuentran dentro de cada círculo en cada grado en relación con el punto de la red actual.

En (910) se determina una pluralidad de grados asociados con círculos con conjuntos respectivos de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias y que cumplen cada uno un criterio predeterminado.

En algunas realizaciones, el criterio predeterminado es un pico en el número de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias y que se encuentran dentro del círculo correspondiente a un grado. Por ejemplo, se puede generar un histograma del número de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias y que se encuentran dentro del círculo correspondiente a cada grado y los grados con picos se identifican como que cumplen el criterio predeterminado. La presencia de un pico en un grado determinado indica que el grado es probablemente una dirección relativa al punto de red actual a lo largo del cual se extiende la rama actual (o una nueva rama). La Figura 13 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de un pico en el número de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias y que están dentro del círculo correspondiente a un grado. Como se muestra en el ejemplo y en diversas realizaciones, el grado que está asociado con un pico está asociado con el máximo local de números de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias en relación con el número de puntos de datos de GPS registrados que reúnen las condiciones necesarias asociados con grados vecinos.

Volviendo a la Figura 9, en (912) se determina si un grado de entre la pluralidad de grados está a lo largo de una nueva ruta. En el caso de que un grado esté a lo largo de una nueva ruta, el control se transfiere a (914). De lo contrario, si ninguno de la pluralidad de grados está a lo largo de una nueva ruta, el control se transfiere a (918).

Por ejemplo, en un sendero típico, se encontrarán puntos de dos picos. Los dos picos están asociados con un grado/dirección al frente y un grado/dirección detrás del punto de red actual a lo largo de la misma rama. La Figura 14 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de dos picos en dos grados respectivos en relación con un punto de red actual. En el ejemplo de la Figura 14, los dos picos están ubicados específicamente en el 65 grado y el 255 grado en relación con un punto de red actual. La Figura 15 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo que indica las dos ubicaciones asociadas con los dos grados para los cuales se han determinado los picos. En el ejemplo, las ubicaciones (1504 y 1502) son ubicaciones que están cada una a una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) del punto de red actual asociado con grados para los que se han identificado picos. La ubicación (1502) puede no reunir las condiciones necesarias como un nuevo/siguiente punto de red actual de la rama actual porque sus coordenadas GPS están demasiado cercanas (por ejemplo, dentro de una distancia predeterminada) al punto de red inmediatamente anterior en la rama actual, los puntos de datos de GPS dentro del círculo correspondiente a la ubicación (1502) son principalmente de actividades que van en la dirección opuesta a la dirección de la rama actual, y/o si se encuentran los puntos de datos de GPS de la misma actividad dentro del círculo, es probable que sean de un trayecto de vuelta en algún momento posterior, en cuyo caso el tiempo registrado será mayor que, por ejemplo, un umbral de un minuto. Por lo tanto, se asumirá que el punto de datos de GPS asociado con la otra ubicación restante, la ubicación (1504), se encuentra a lo largo de la dirección de la rama actual y se establece como el nuevo/siguiente punto de red actual de la rama actual.

En el caso especial en el que el paso de red actual es el punto de red inicial de la rama actual (es decir, no hay un punto de red inmediatamente anterior de la rama actual), entonces se selecciona el grado asociado con el mayor número de actividades distintas como el siguiente punto de red nuevo de la rama actual para la ejecución del proceso (900) y se puede ejecutar otra instancia del proceso (900) (por ejemplo, de forma asíncrona a otras instancias de ejecución del proceso (900)) para generar puntos de red que empiezan a partir de un nuevo punto de red actual en el otro grado.

Volviendo a la Figura 9, en (914) se determina que se ha encontrado una nueva rama de la red de senderos.

En caso de que se encuentren más de dos picos, entonces se determina que además de los dos picos que están asociados con un grado/dirección al frente y un grado/dirección detrás del punto de red actual a lo largo de la misma rama, un tercer pico está asociado con un grado/dirección que está asociado con una nueva rama diferente. La Figura 16 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de tres picos en tres grados respectivos en relación con un punto de red actual. En el ejemplo de la Figura 16, los tres picos están ubicados específicamente en los grados 65, 170 y 255 en relación con un punto de red actual. La Figura 17 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo que indica las tres ubicaciones asociadas con los tres grados para los cuales se han determinado los picos. En el ejemplo, las ubicaciones (1706, 1704 y 1702) son ubicaciones que están cada una a una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) del punto de red actual asociado con grados para los que se han identificado picos. La ubicación (1702) puede no reunir las condiciones necesarias como un nuevo/siguiente punto de red actual de la rama actual, ya que sus coordenadas de GPS son demasiado cercanas (por ejemplo, dentro de una distancia predeterminada) al punto de red inmediatamente anterior en la rama actual, los puntos de datos de GPS dentro del círculo correspondiente a la ubicación (1702) son principalmente de actividades que van en la dirección opuesta a la dirección de la rama actual, y/o si se encuentran puntos de datos de GPS de la misma actividad dentro del círculo, es probable que sean de un trayecto de vuelta en el mismo punto posteriormente, en cuyo caso el tiempo registrado será mayor que, por ejemplo, un umbral de un minuto. Por lo tanto, el punto de datos de GPS asociado con las otras ubicaciones restantes, las ubicaciones (1704 y 1706) son el nuevo/siguiente punto de red actual de la rama actual o el primer nuevo punto de red actual de una nueva rama en la red de senderos. En algunas realizaciones, se puede aplicar un umbral predeterminado a los dos grados restantes para establecer uno como el primer nuevo punto de red actual para la nueva rama. Por ejemplo, el umbral para que un grado se asocie con una nueva rama es que al menos el 5% de las actividades distintas que están dentro del círculo del grado en cuestión tengan una dirección de desplazamiento dentro de un búfer de 20 grados con respecto al punto de red anterior a lo largo del cual se encuentra el punto de red actual. Por consiguiente, se establece la ubicación asociada con el grado que no se determina que satisface el umbral de rama nueva como el nuevo punto de red actual a lo largo de la rama actual.

Volviendo a la Figura 9, en (916) se establece una ubicación a lo largo del grado a lo largo de la nueva ruta como un nuevo punto de red actual que está asociado con la nueva rama. Como se ha descrito anteriormente, se establece la ubicación que está a una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) del punto de red actual a lo largo del grado que se determina que está asociado con la nueva rama como el nuevo punto de red actual de esa nueva rama. En diversas realizaciones, después de descubrir una nueva rama, se asigna un identificador a la nueva rama y se almacena la información asociada con la nueva rama (por ejemplo, un nuevo identificador de rama) en una estructura de datos de rama (por ejemplo, una tabla).

En el caso de que se descubra una nueva rama, se ejecuta (por ejemplo, asíncronamente) otra instancia del proceso (900) con el nuevo punto de red actual de esa nueva rama para determinar ubicaciones/puntos de red posteriores a lo largo de la nueva rama y/o descubrir ramas adicionales relativas a esa nueva rama. La Figura 18 es un diagrama en el que se muestra un ejemplo de puntos de red que se generan ejecutando una instancia del proceso (900) de la Figura 9 a lo largo de la nueva rama que se descubrió en el ejemplo de la Figura 17.

Volviendo a la Figura 9, en (918) se establece una ubicación a lo largo de un grado seleccionado a lo largo de la rama actual como un nuevo punto de red actual que está asociado con una rama actual. Como se ha descrito anteriormente, se establece la ubicación que está a una distancia predeterminada (por ejemplo, 10 m) del punto de red actual a lo largo del grado que se determina que está a lo largo de la rama actual como el nuevo punto de red actual de la rama actual.

En (920) se determina si el proceso (900) debe dejar de generar nuevos puntos de red para la rama actual. En el caso de que se determine que debe dejar de generar nuevos puntos de red para la rama actual, el proceso (900) finaliza. De lo contrario, en caso de que se determine que continuará generando nuevos puntos de red para la rama actual, el control vuelve a (904). Por ejemplo, se puede determinar que el proceso (900) se pare en caso de que se determine que un nuevo punto de red actual está fuera de los límites de la región de red de senderos, lo que indica que se han determinado las ubicaciones de la rama actual.

Como se ha descrito anteriormente, en varias realizaciones se pueden ejecutar de forma asíncrona múltiples instancias del proceso (900), cada una de las cuales generará puntos de red a lo largo de una rama de una red de senderos para revelar completamente las ubicaciones de todas las ramas de la red de senderos.

Para evitar que se camine de forma redundante a lo largo de una rama previamente descubierta, en algunas realizaciones si una rama es aproximada desde una dirección diferente, se conecta a la rama, se finaliza la marcha y el proceso de generación de puntos de red continúa para la rama siguiente.

La Figura 19 es un diagrama de flujo en el que se muestra un ejemplo de generación de cadenas de líneas correspondientes a ramas de una red de senderos de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, se implementa el proceso (1900) en un sistema como el sistema (100) de la Figura 1. Específicamente, en algunas realizaciones el proceso (1900) se implementa en el servidor de generación de mapas de redes de senderos (108) del sistema (100) de la Figura 1. En algunas realizaciones, la etapa (306) del proceso (300) de la Figura 3 se implementa al menos en parte usando el proceso (1900).

En (1902), se determina una pluralidad de cadenas de líneas basadas, al menos en parte, en una pluralidad de puntos de red. En diversas realizaciones, una "cadena de línea" comprende una línea continua que se dibuja a través de los puntos de red que pertenecen a una rama para formar una representación continua de la rama. Después del paso (1902), cada rama de la red de senderos está representada por una línea continua y las cadenas de líneas asociadas con las ramas de intersección también se intersecan. Se pueden conectar los puntos de red en una serie para formar una línea, usando una técnica como ST_makeline en POSTgis, por ejemplo. Por ejemplo, el último punto de ambos extremos de la línea termina en el punto de intersección con las otras ramas.

En (1904), la pluralidad de cadenas de líneas se divide en puntos de intersección de ramas. Se divide una intersección de cadenas de líneas correspondiente a una intersección de dos o más ramas. La división de cadenas de líneas en las intersecciones permite que cada rama sea individualmente enrutable. Por ejemplo, en cualquier lugar donde una rama se interseca con otra rama, la rama intersecada se divide en cadenas de líneas separadas en el punto de intersección utilizando una técnica como ST_splitline en POSTgis, lo que permite el enrutamiento, por ejemplo.

Las Figuras 20A, 20B y 20C que se muestran a continuación ilustran un ejemplo de generación de un mapa de redes de senderos correspondiente a los puntos de red generados para las ramas en una red de senderos.

La Figura 20A es un diagrama en el que se muestran puntos de red que se han generado para dos ramas de una red de senderos. Como se muestra en la Figura 20A, se han generado varios puntos de red para dos ramas –la rama 1 y la rama 2– de una red de senderos.

La Figura 20B es un diagrama en el que se muestran cadenas de líneas que se generan basándose en los puntos de red de cada rama. Como se muestra en la Figura 20B, se ha dibujado una línea continua (una cadena de líneas) a través de todos los puntos de red que se han generado para cada una de las ramas 1 y 2 de la red de senderos.

La Figura 20C es un diagrama en el que se muestra una división que se genera en la intersección de cadenas de líneas correspondientes a dos ramas que se intersecan. Al crear una división (2008) en la intersección de la rama 1 y la rama 2 que se mostraron en la Figura 20A, se generan tres rutas, las rutas 2002, 2004 y 2006, las cuales son rutas individualmente enrutables. Por ejemplo, después de que las rutas 2002, 2004 y 2006 se generan mediante la división de las cadenas de líneas, un proceso de enrutamiento puede enrutar a un usuario en la intersección asociada con la división (2008) hacia una de las rutas 2002, 2004 y 2006.

En un ejemplo de implementación, los procesos descritos anteriormente pueden implementarse usando el lenguaje de programación Java u otro lenguaje de programación de alto nivel, los datos generados pueden almacenarse en la tabla o tablas de datos descritas anteriormente utilizando una base de datos habilitada espacialmente, como por ejemplo PostGIS u Oracle Spatial, o utilizando otra base de datos habilitada espacialmente de código abierto o disponible comercialmente, y el proceso puede ejecutarse en hardware de clase de servidor, como por ejemplo mediante el uso de una solución de servicios de centro de datos, por ejemplo *Amazon Web Services* (AWS) u otra solución de servicios de centro de datos de un proveedor externo.

El resultado de los procesos descritos anteriormente genera un sistema global de redes de senderos a partir de los datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que se recopilan desde dispositivos móviles. Por ejemplo, las técnicas divulgadas para generar mapas de redes de senderos se pueden aplicar para generar un sistema global de redes de senderos basado en datos de GPS que pueden recopilarse de los usuarios de una aplicación de actividad/mapeo (por ejemplo, la aplicación móvil (app) Strava® disponible comercialmente) u otra aplicación de actividad/mapeo que puede recopilar datos de GPS de dispositivos móviles (por ejemplo, dispositivos móviles que pueden proporcionar una unidad de seguimiento GPS usando receptores GPS integrados, como por ejemplo teléfonos inteligentes, dispositivos GPS u otros dispositivos móviles compatibles con el seguimiento GPS)).

Aunque las realizaciones anteriores han sido descritas con cierto grado de detalle para facilitar su comprensión, la invención no está limitada a los detalles proporcionados. Existen muchas formas alternativas de implementar la invención. Las realizaciones divulgadas son ilustrativas y no limitativas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:
un procesador configurado para:
 - 5 recibir (302) una pluralidad de actividades registradas por GPS, en el que una actividad registrada por GPS está asociada a una instancia registrada de actividad deportiva y comprende una pluralidad de datos de GPS y datos de tiempo y atributos correspondientes;
 - identificar (304) un subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS que está asociado con una región de red de senderos;
 - 10 identificar la región de red de senderos, lo que comprende:
 - determinar (402) una pluralidad de teselas asociadas con un área geográfica;
 - para cada una de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (404) los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela;
 - para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (406) una parte de los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña;
 - para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (408) si la tesela está asociada con una red de senderos basándose al menos en parte en la parte de los datos de actividad de ciclismo que intersecan con la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña;
 - 20 determinar (410) al menos un subconjunto de teselas contiguas que satisface un umbral de conjunto predeterminado de teselas contiguas de entre la pluralidad de teselas, en el que cada tesela de al menos un subconjunto de teselas contiguas está asociada con la red de senderos; y
 - generar (412) la región de red de senderos asociada con la red de senderos basándose al menos en parte en al menos un subconjunto de teselas contiguas; y
 - 25 generar (306) un mapa de redes de senderos correspondiente a la región de red de senderos basándose al menos en parte en el subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS; y una memoria acoplada al procesador y configurada para suministrar instrucciones al procesador.
- 30 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la generación (412) de la región de red de senderos asociada con la red de senderos se basa también al menos en parte en un búfer del área que rodea a al menos un subconjunto de teselas contiguas.
- 35 3. El sistema de la reivindicación 1, en el que el procesador también está configurado para:
 - determinar (602) los datos de actividad que intersecan una pluralidad de teselas asociadas con la región de red de senderos; y
 - almacenar (604) cada punto de datos de GPS de al menos un subconjunto de puntos de datos de GPS de los datos de actividad determinados con un conjunto correspondiente de atributos en una estructura de datos.
- 40 4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el procesador también está configurado para:
 - determinar (702) un punto de red inicial asociado con una red de senderos asociada con la región de red de senderos basándose al menos en parte en la selección de un punto de datos de GPS registrados de entre los datos de actividad que intersecan la región de red de senderos; y
 - usar (704) el punto de red inicial y al menos un subconjunto de los datos de actividad para determinar recursivamente los puntos de red a lo largo de una o varias ramas de una red de senderos.
 - 45
5. El sistema de la reivindicación 1, en el que la generación del mapa de redes de senderos correspondiente a la región de red de senderos comprende:
 - determinar (1902) una pluralidad de cadenas de líneas basándose al menos en parte en una pluralidad de puntos de red correspondiente a una o varias ramas de una red de senderos asociada con la región de red de senderos; y
 - 50 dividir (1904) la pluralidad de cadenas de líneas en los puntos de intersección de ramas.
6. Un método que comprende:
 - 65 recibir (302) una pluralidad de actividades registradas por GPS, en el que una actividad registrada por GPS está asociada con una instancia registrada de actividad deportiva y comprende una pluralidad de datos de GPS y datos de tiempo y atributos correspondientes;
 - identificar (304) un subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS que está asociado con una región de red de senderos;
 - 60 identificar la región de red de senderos, lo que comprende:
 - determinar (402) una pluralidad de teselas asociadas con un área geográfica;
 - para cada una de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (404) los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela;
 - para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (406) una parte de los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña;
 - 65

para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (408) si la tesela está asociada con una red de senderos basándose al menos en parte en la parte de los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña;

determinar (410) al menos un subconjunto de teselas contiguas que satisfacen un umbral predeterminado de conjunto de teselas contiguas de entre la pluralidad de teselas, en el que cada tesela de al menos un subconjunto de teselas contiguas está asociada con la red de senderos; y

generar (412) la región de red de senderos asociada con la red de senderos basándose al menos en parte en al menos un subconjunto de teselas contiguas; y

generar (306) un mapa de redes de senderos correspondiente a la región de red de senderos basándose al menos en parte en el subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS.

7. El método de la reivindicación 6, que además comprende la generación (412) de la región de red de senderos asociada con la red de senderos que además se basa al menos en parte en un búfer del área que rodea a al menos un subconjunto de teselas contiguas.

8. El método de la reivindicación 6, que además comprende:

determinar (602) los datos de actividad que intersecan una pluralidad de teselas asociadas con la región de red de senderos; y

almacenar (604) cada punto de datos de GPS de al menos un subconjunto de puntos de datos de GPS de los datos de actividad determinados con un conjunto correspondiente de atributos en una estructura de datos.

9. El método de la reivindicación 6, que además comprende:

determinar (702) un punto de red inicial asociado con una red de senderos asociada con la región de red de senderos basándose al menos en parte en la selección de un punto de datos de GPS registrados de entre los datos de actividad que intersecan la región de red de senderos; y

usar (704) el punto de red inicial y al menos un subconjunto de los datos de actividad para determinar recursivamente los puntos de red a lo largo de una o más ramas de una red de senderos.

10. El método de la reivindicación 6, en el que la generación del mapa de red de senderos correspondiente a la región de red de senderos comprende:

determinar (1902) una pluralidad de cadenas de líneas basándose al menos en parte en una pluralidad de puntos de red que se corresponden a una o más ramas de una red de senderos asociadas con la región de red de senderos; y

dividir (1904) la pluralidad de cadenas de líneas en los puntos de intersección de las ramas.

11. Un producto de programa informático; este producto de programa informático está incorporado en un medio de almacenamiento legible por ordenador y comprende instrucciones informáticas para:

recibir (302) una pluralidad de actividades registradas por GPS, en el que una actividad registrada por GPS está asociada con una instancia registrada de actividad deportiva y comprende una pluralidad de datos de GPS y datos de tiempo y atributos correspondientes;

identificar (304) un subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS que está asociado con una región de redes de senderos;

identificar la región de redes de senderos, lo que comprende:

determinar (402) una pluralidad de teselas asociadas a un área geográfica;

para cada una de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (404) los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela;

para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (406) una parte de los datos de actividad de ciclismo que intersecan la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña;

para cada tesela de al menos un subconjunto de la pluralidad de teselas, determinar (408) si la tesela está asociada con una red de senderos basándose al menos en parte en la parte de los datos de actividad de ciclismo que interseca la tesela que está asociada con los cuadros de bicicleta de montaña;

determinar (410) al menos un subconjunto de teselas contiguas que satisfacen un umbral predeterminado de conjunto de teselas contiguas de entre la pluralidad de teselas, en el que al menos un subconjunto de teselas contiguas está asociado con la red de senderos; y

generar (412) la región de red de senderos asociada con la red de senderos basándose al menos en parte en al menos un subconjunto de teselas contiguas; y

generar (306) un mapa de red de senderos que se corresponde con la región de red de senderos basándose al menos en parte en el subconjunto de la pluralidad de actividades registradas por GPS.

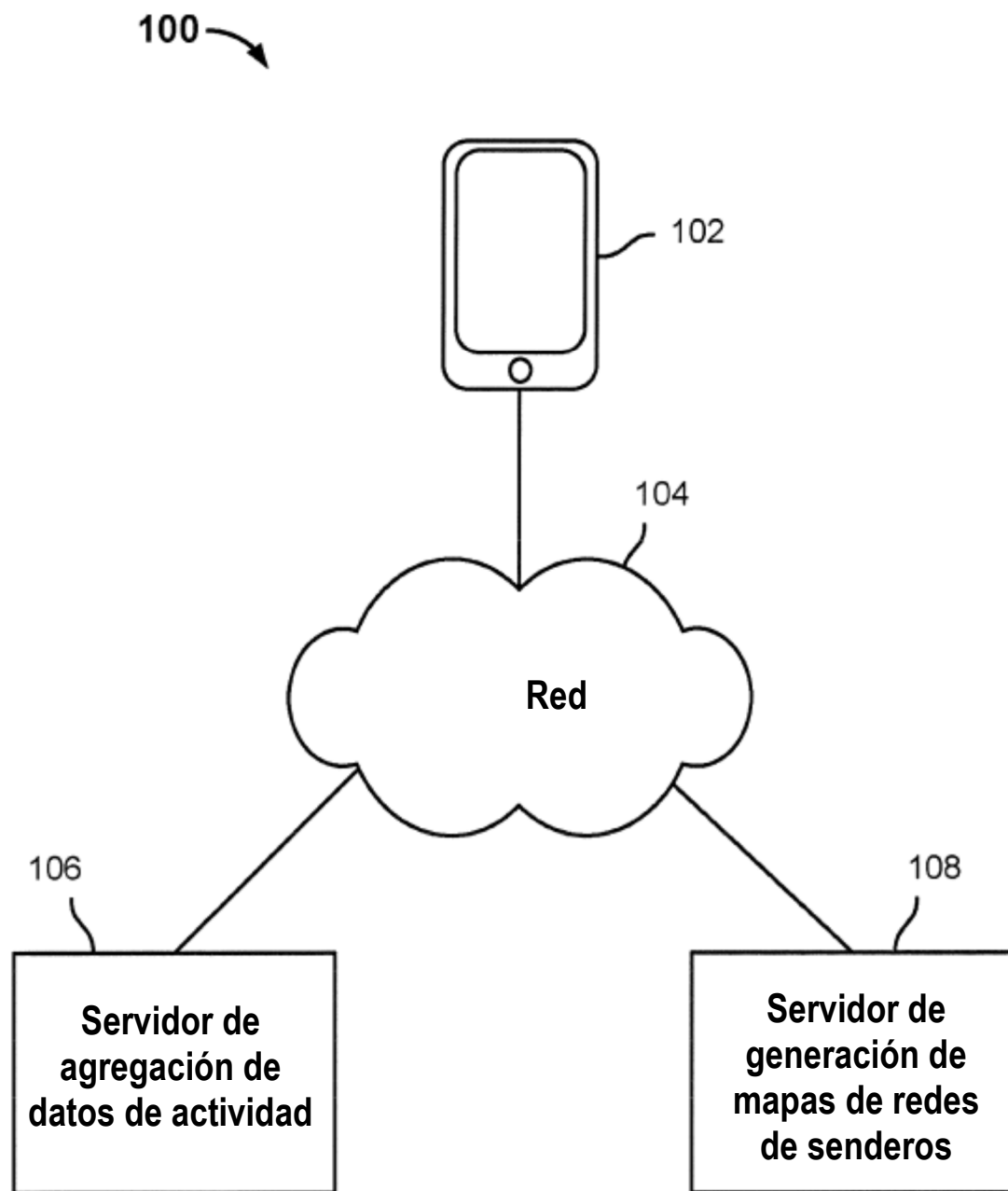


FIG. 1

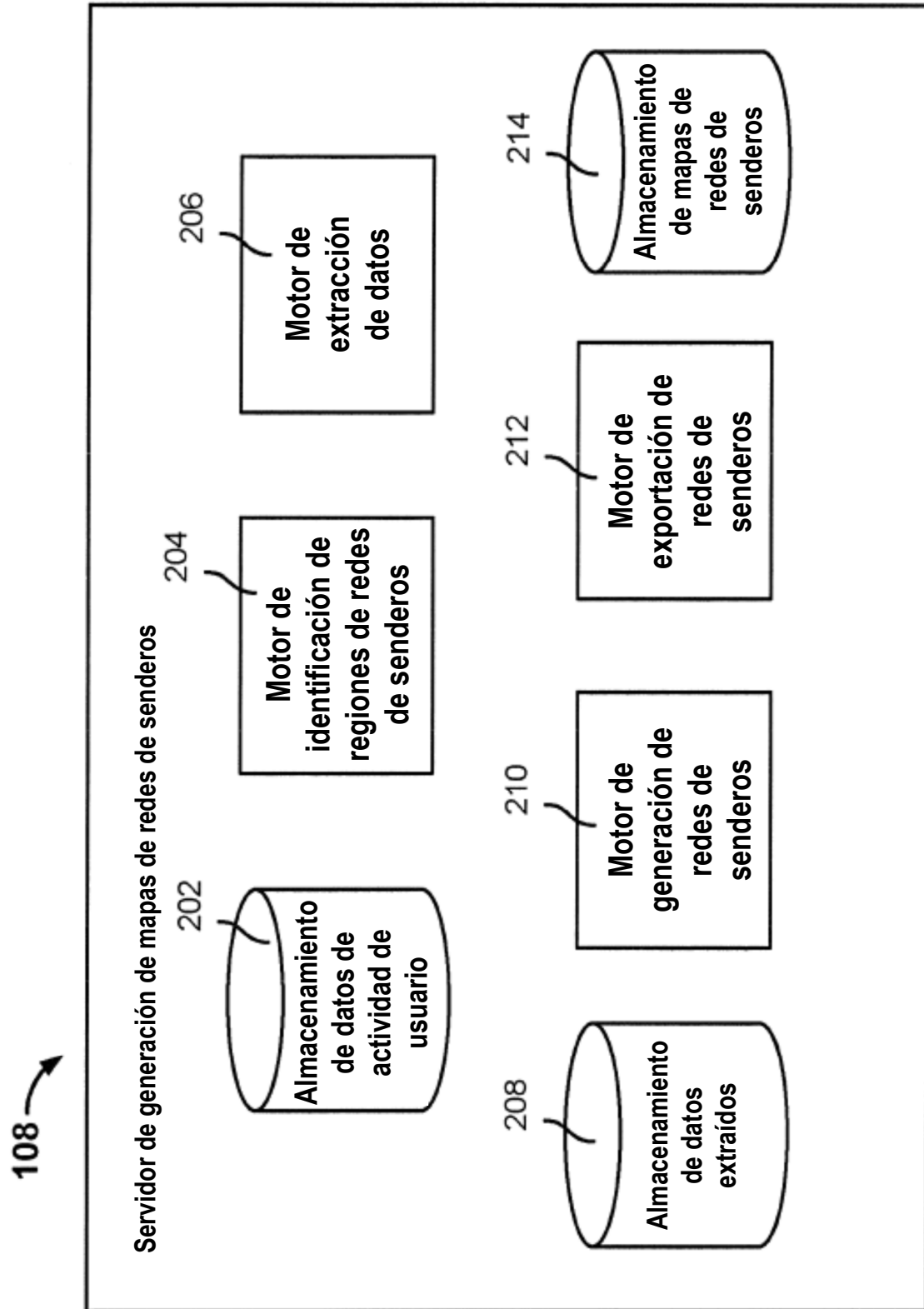


FIG. 2

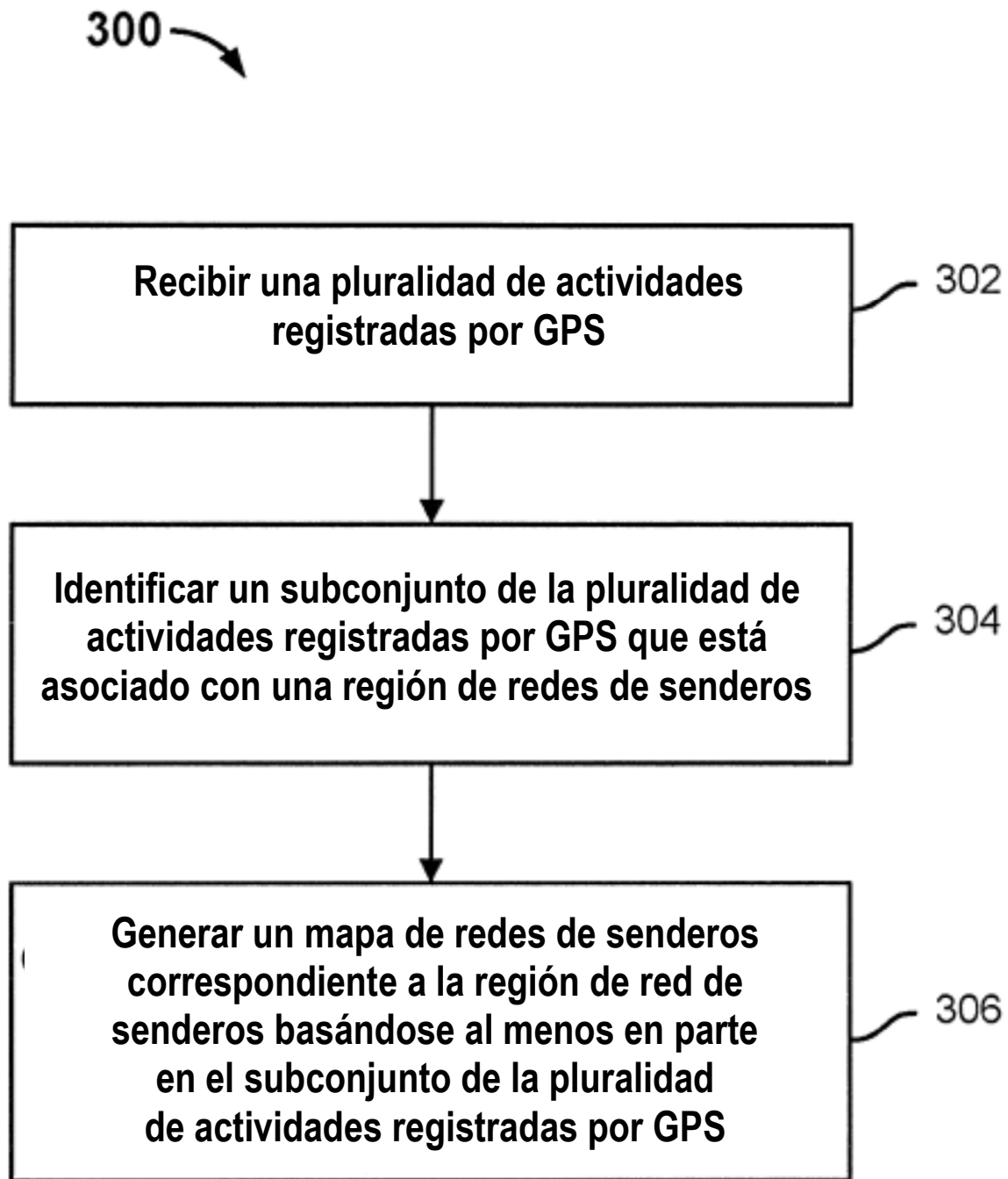


FIG. 3

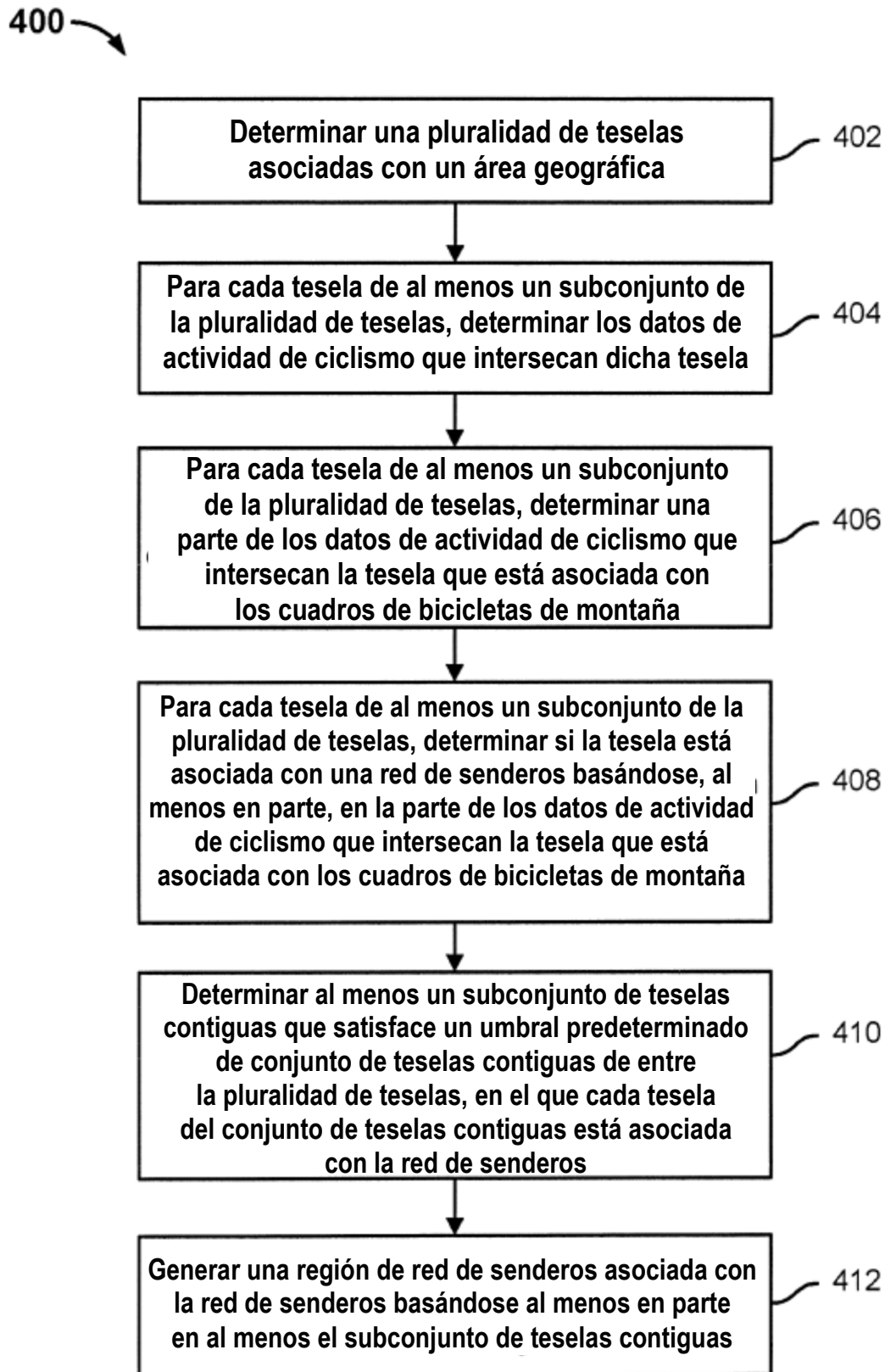


FIG. 4

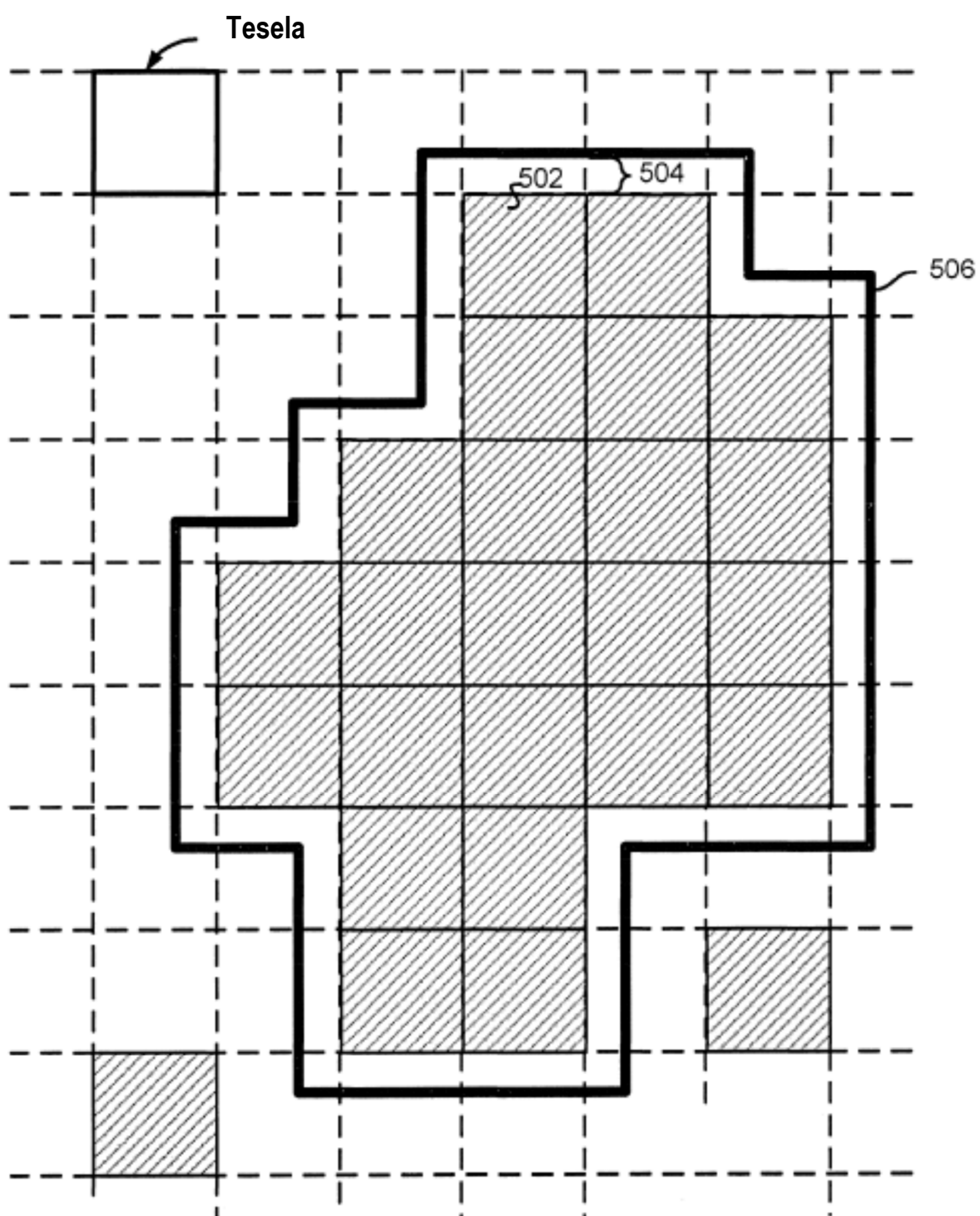


FIG. 5

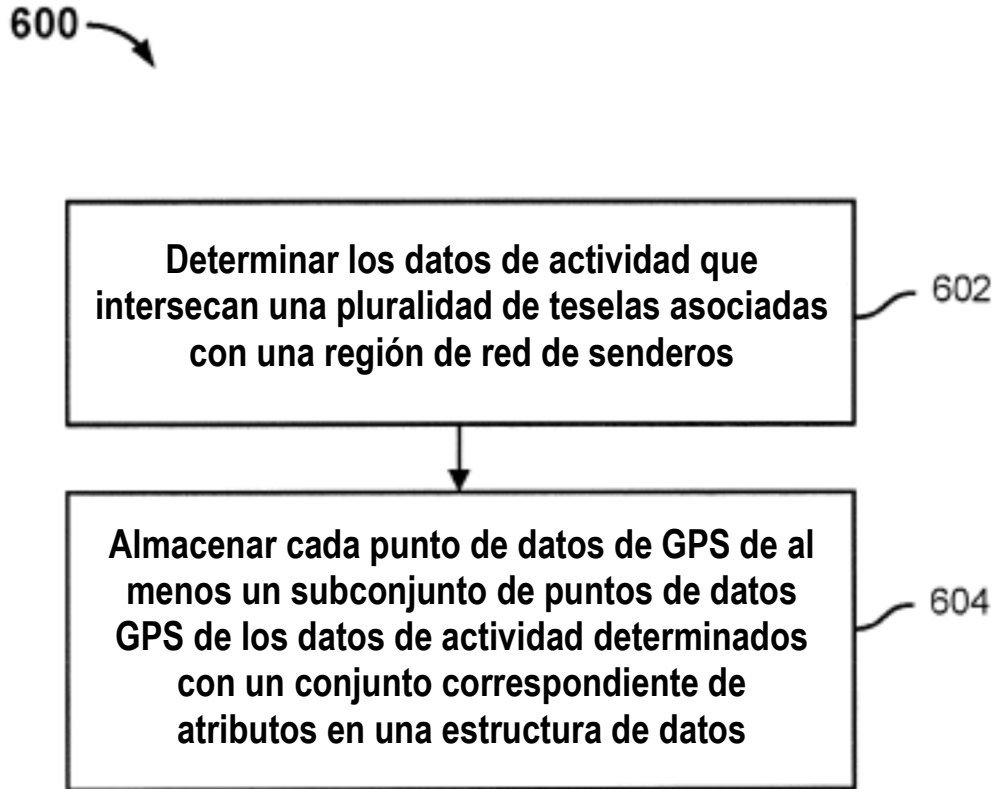


FIG. 6

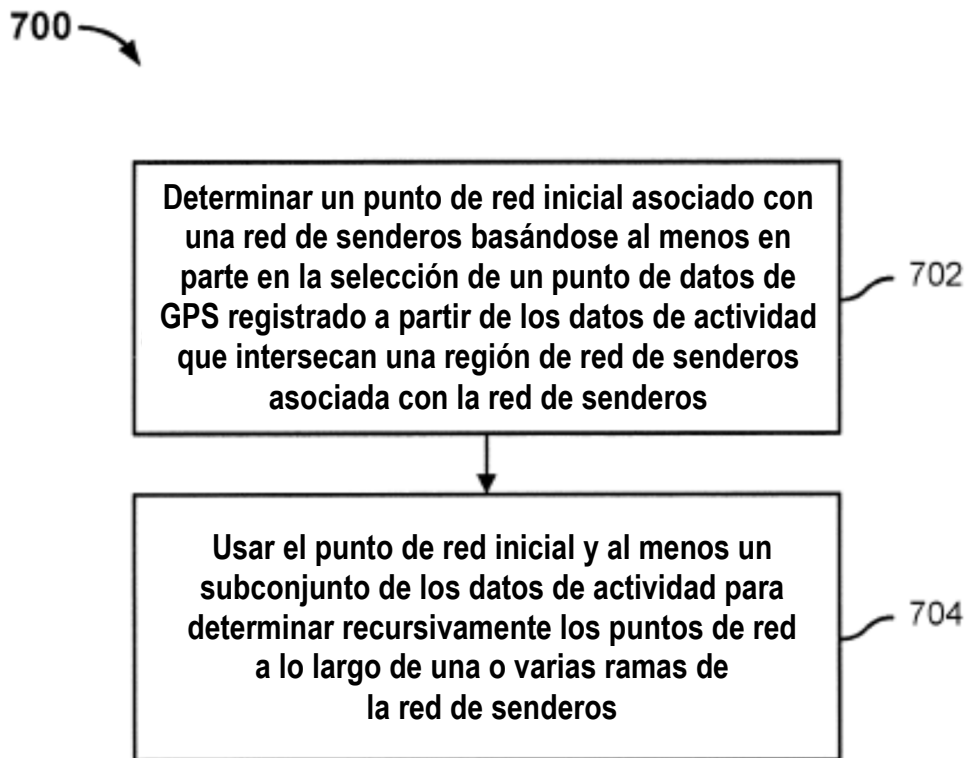


FIG. 7

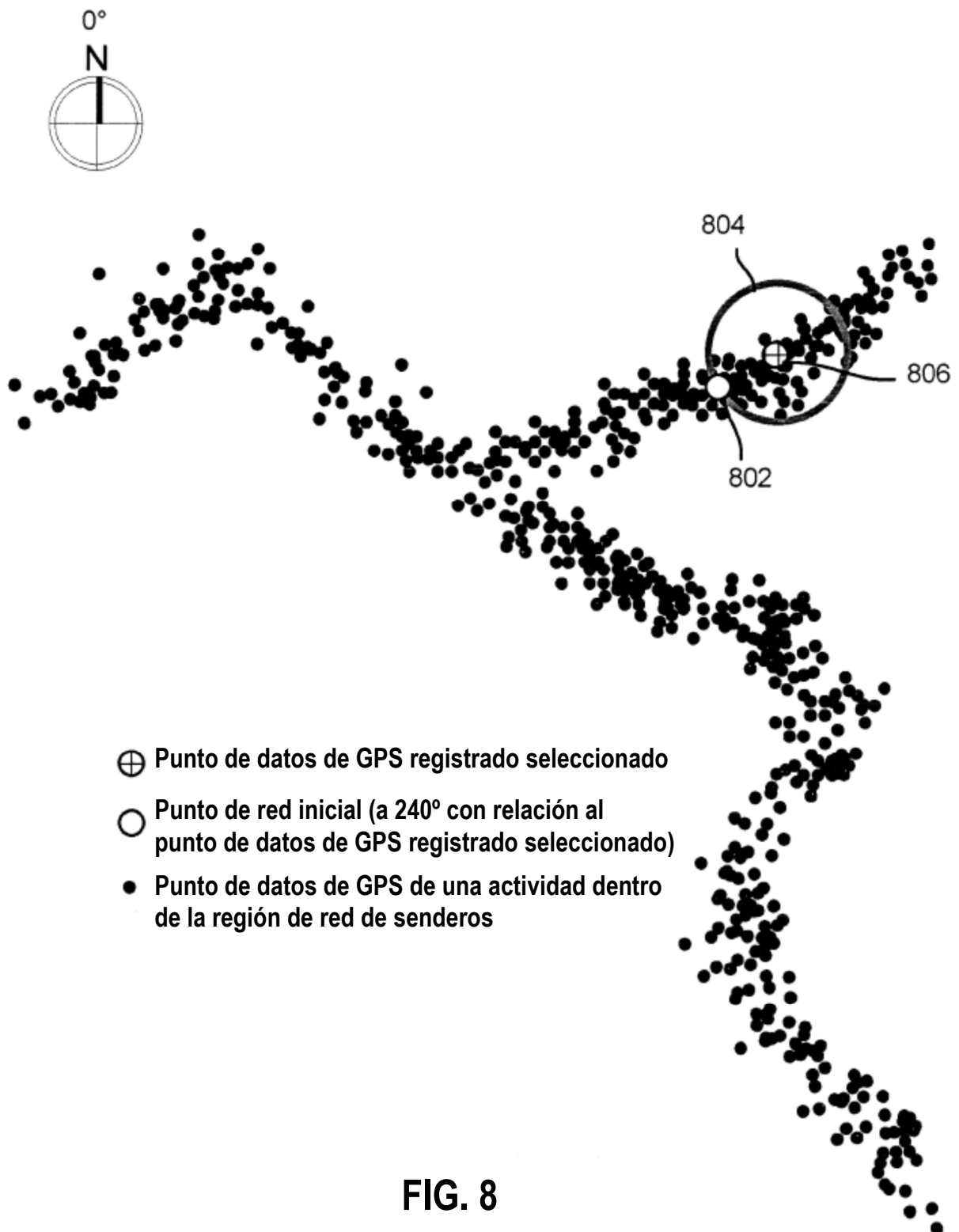
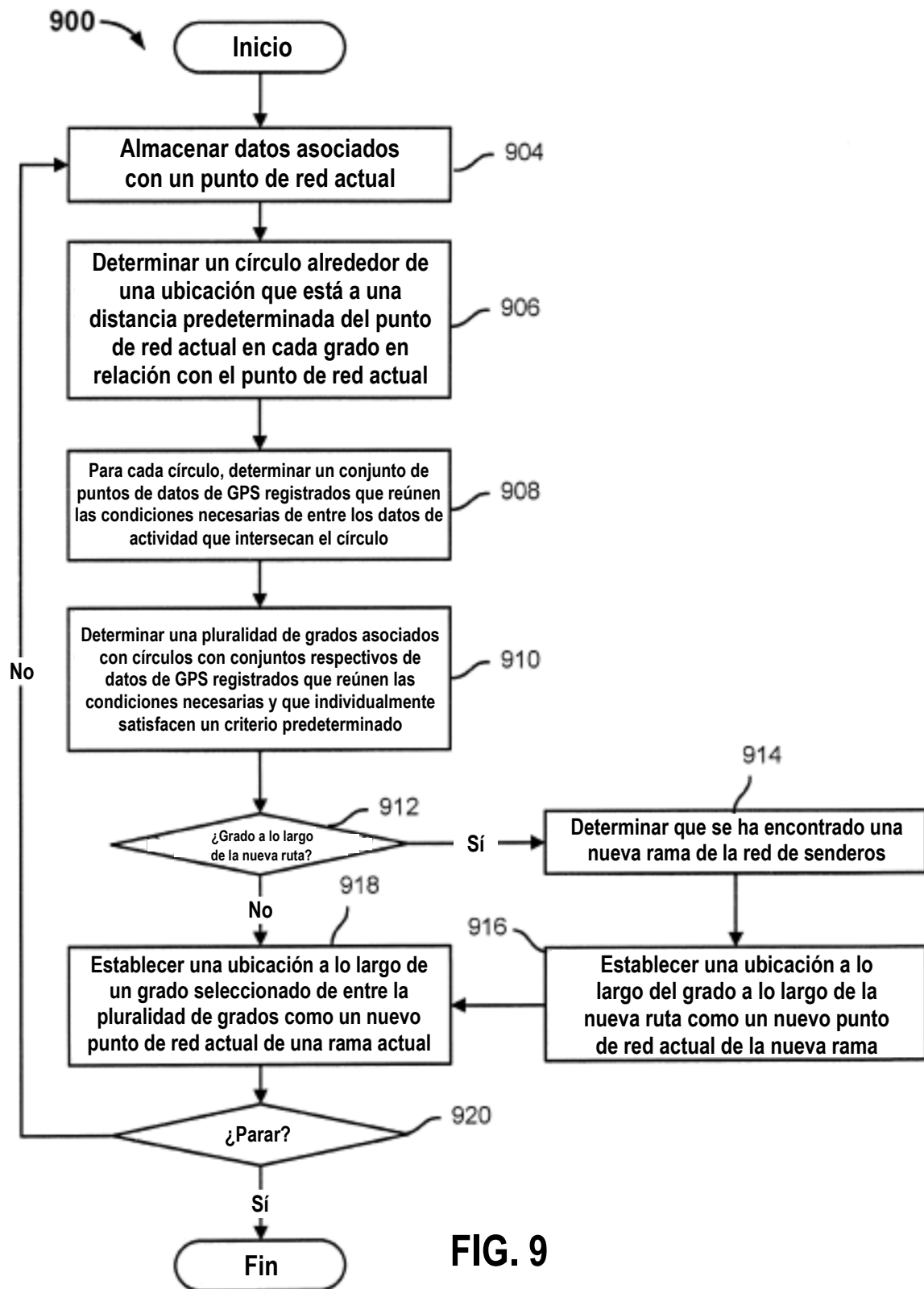


FIG. 8



Atributo	Tipo	Valor
Actividades_totales	Entero[]	
Geometría	Geometría (Punto, 4326)	
Rumbo_punto	Doble precisión	
Rumbo_encontrado	Doble precisión	
Segundos_totales	Entero[]	
Dif_tiempo	Entero	
Recuento_actividades_totales	Entero	
ID_rama	Entero	
Dirección	Variable en caracteres	
ID	Entero	
Recuento_actividades_comunes	Entero	
Actividades_comunes	Entero[]	

FIG. 10

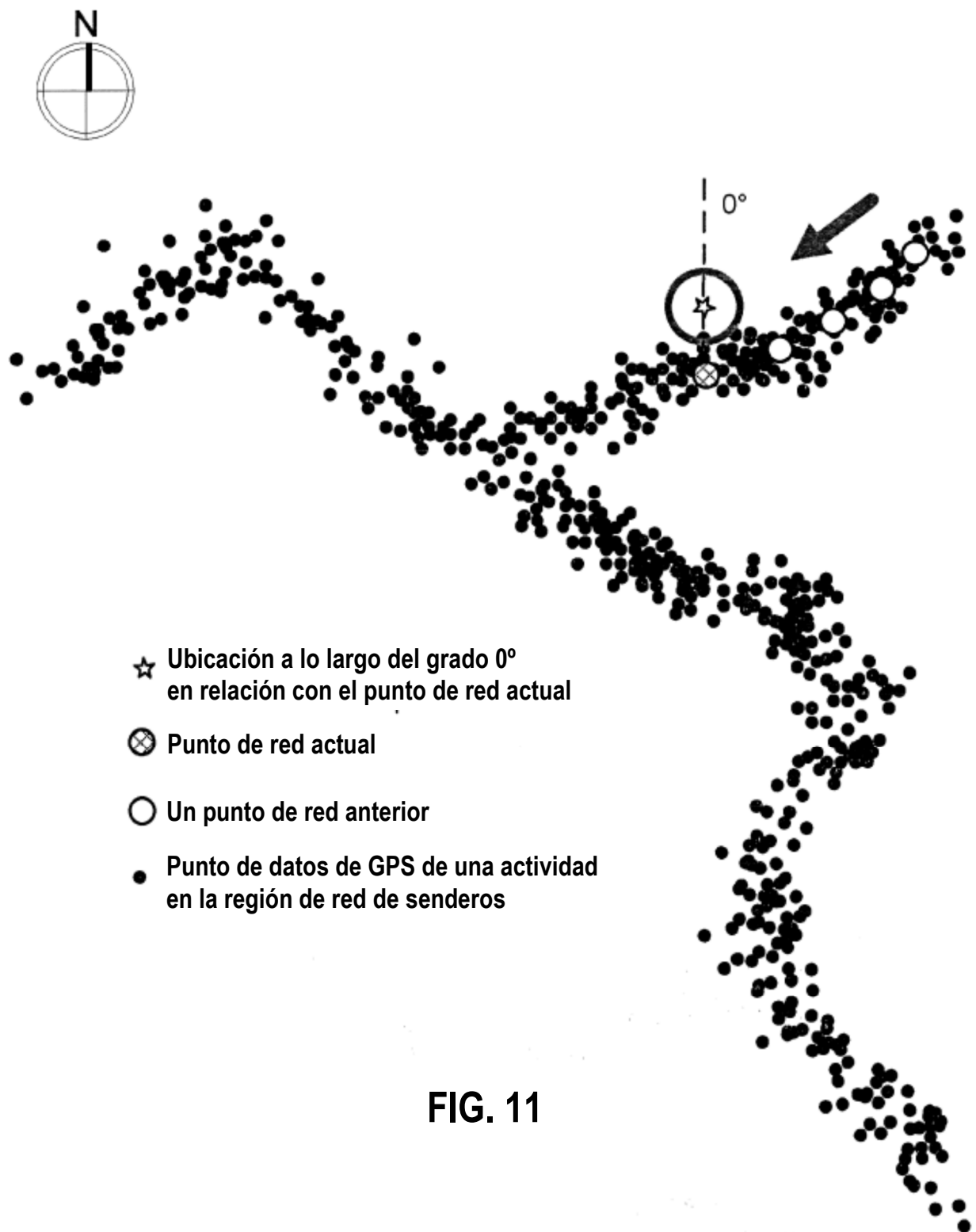


FIG. 11

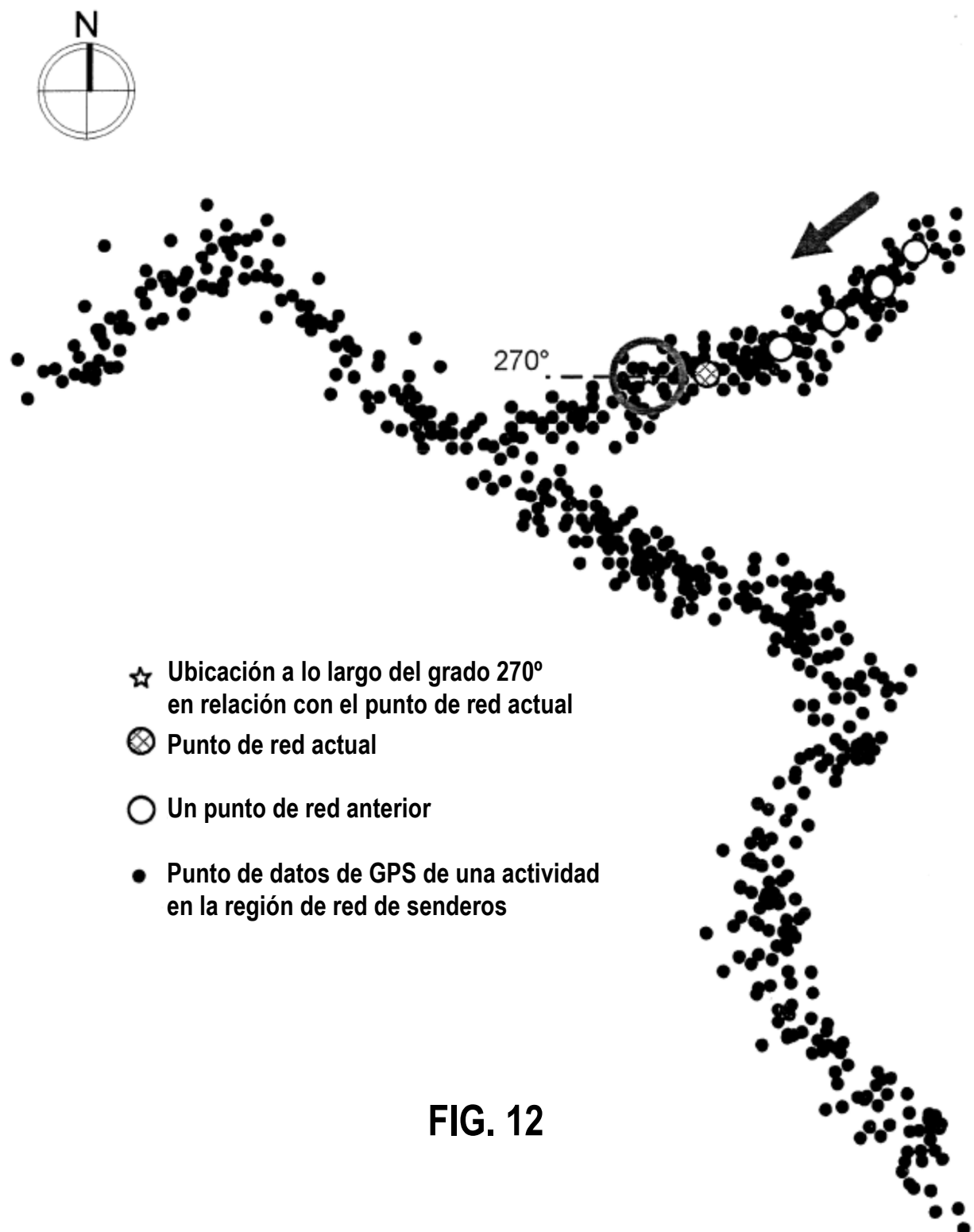


FIG. 12

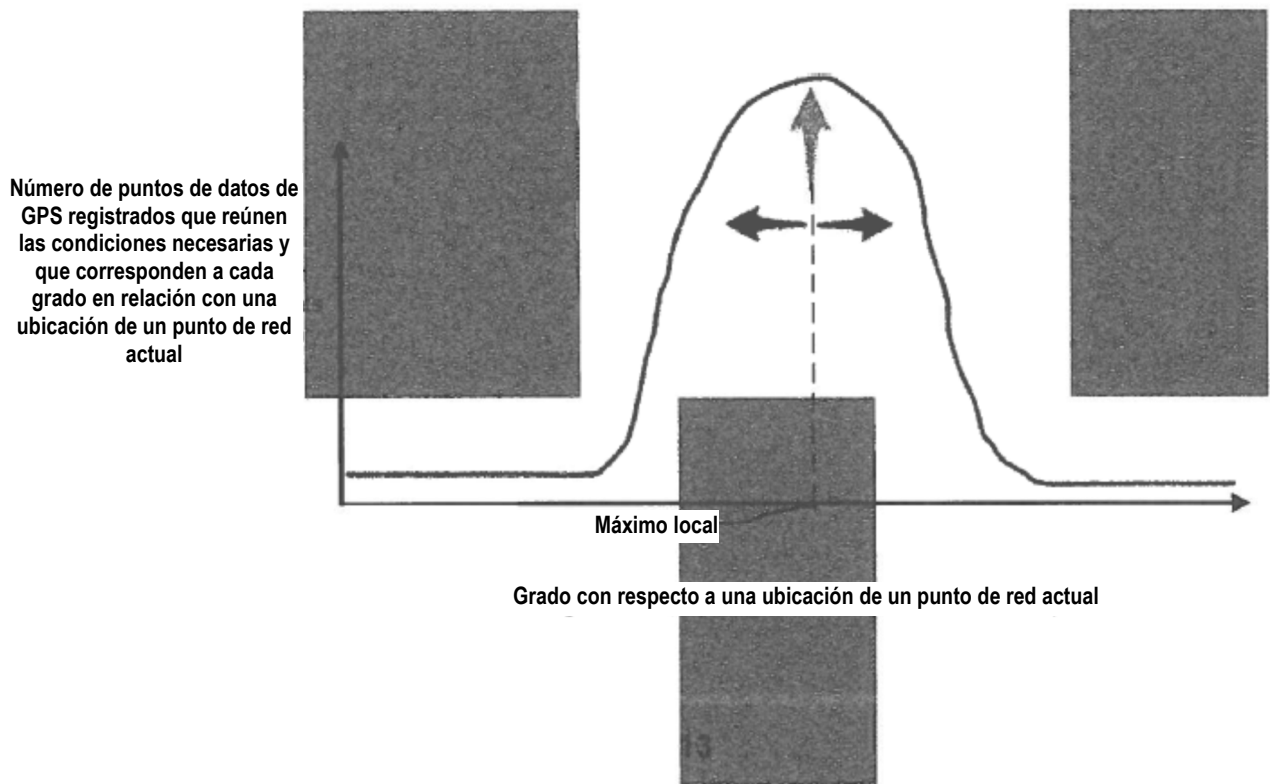


FIG. 13

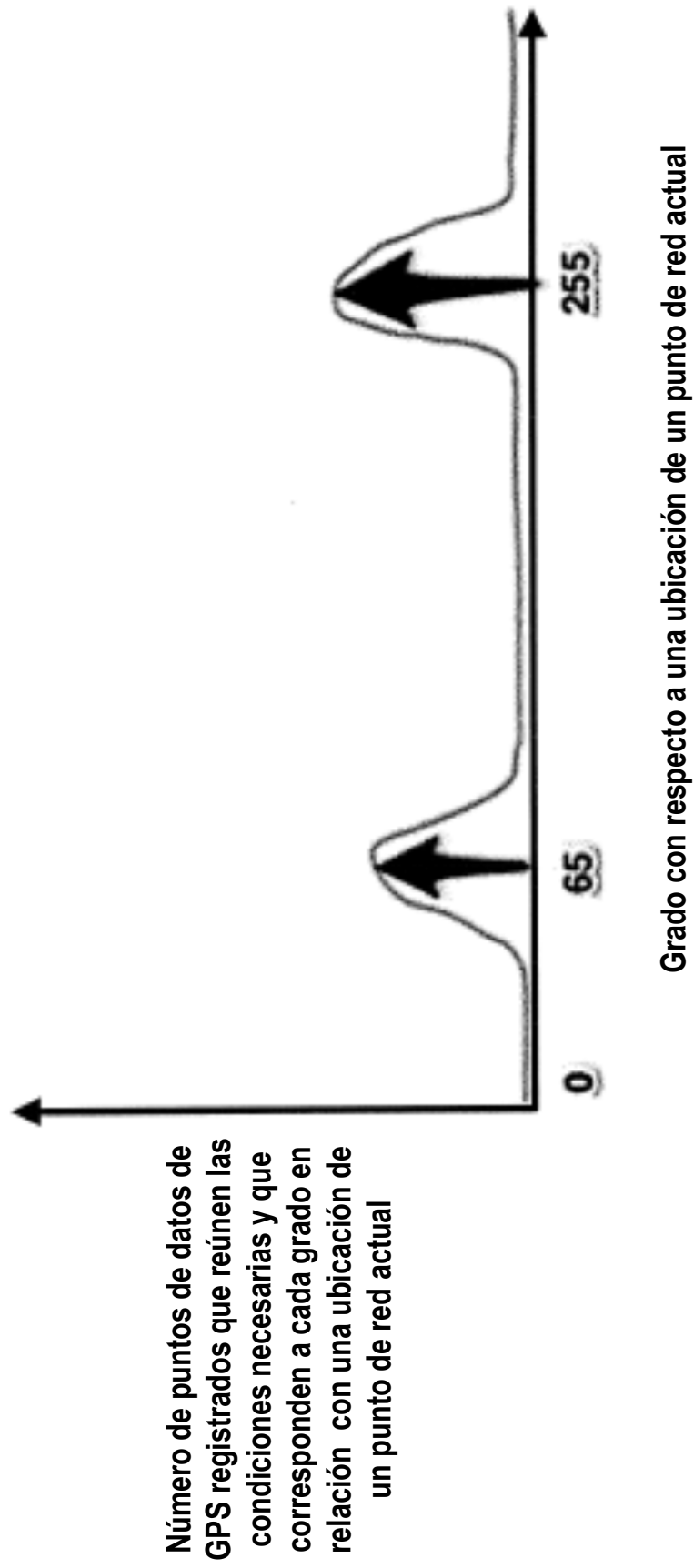
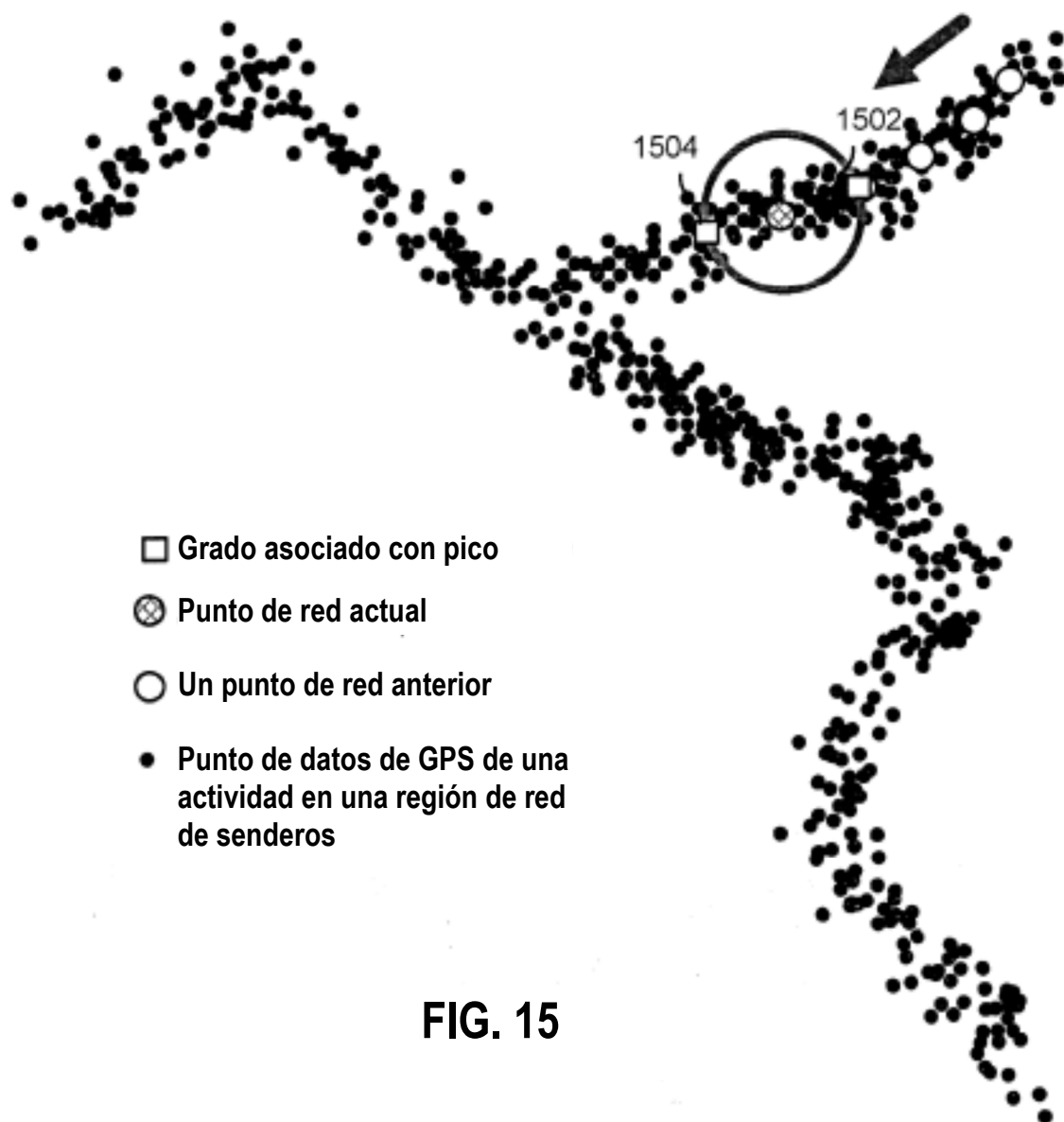


FIG. 14



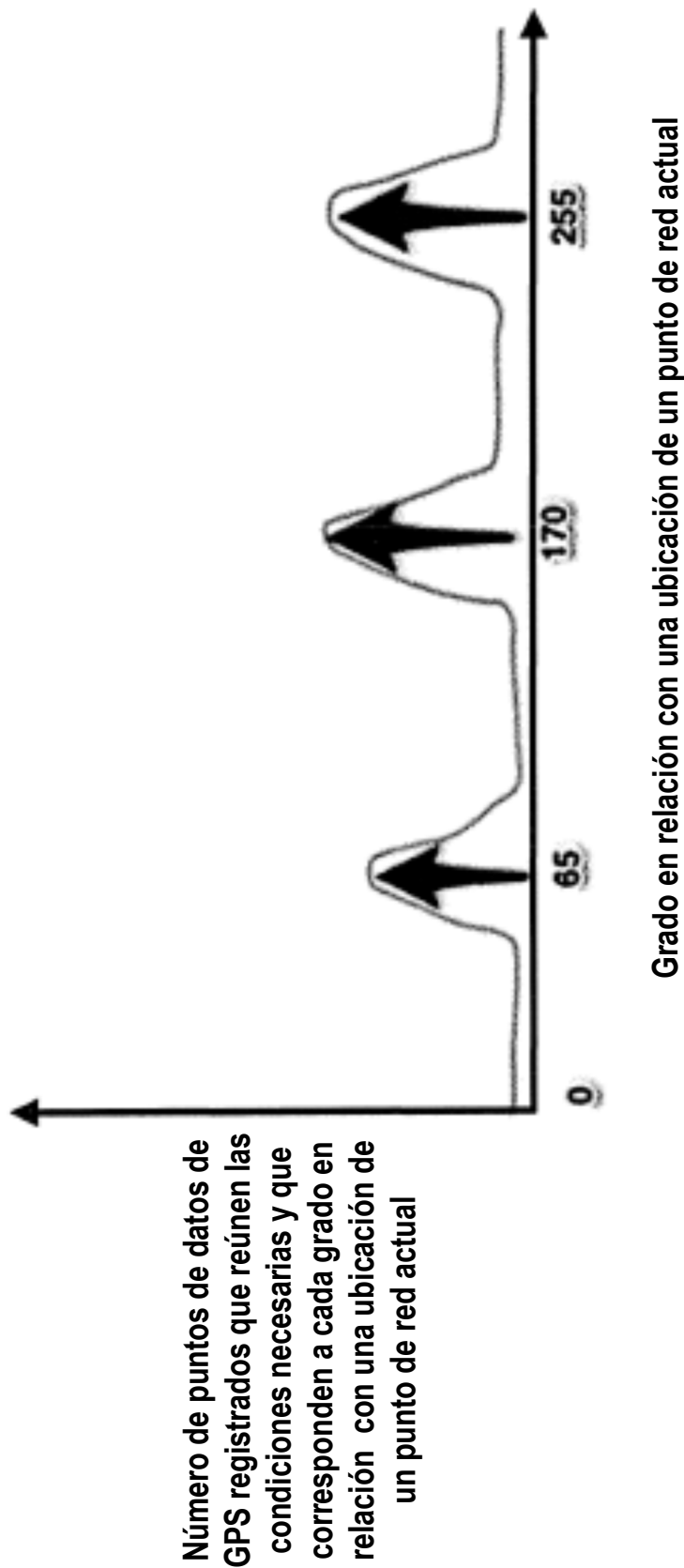


FIG. 16

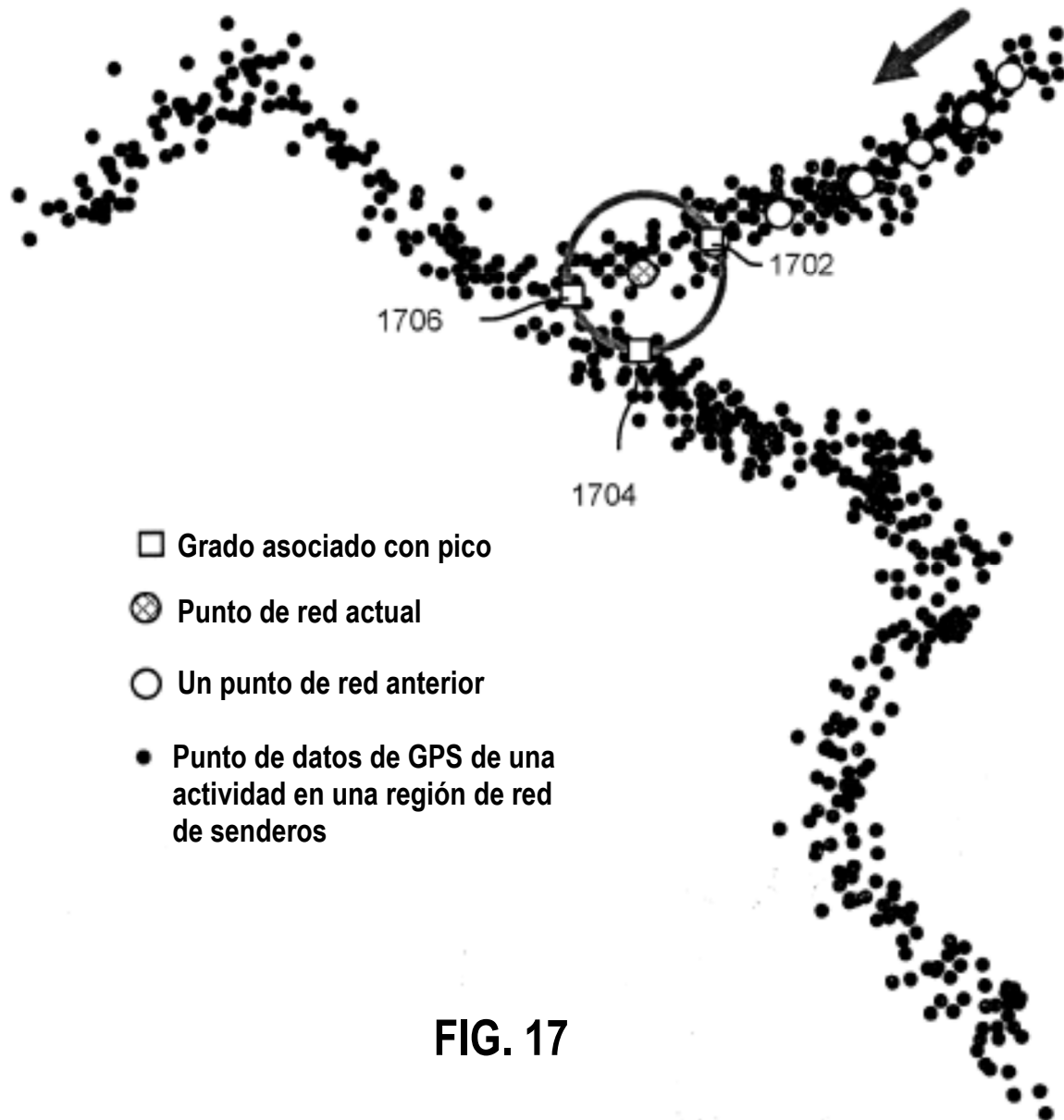


FIG. 17

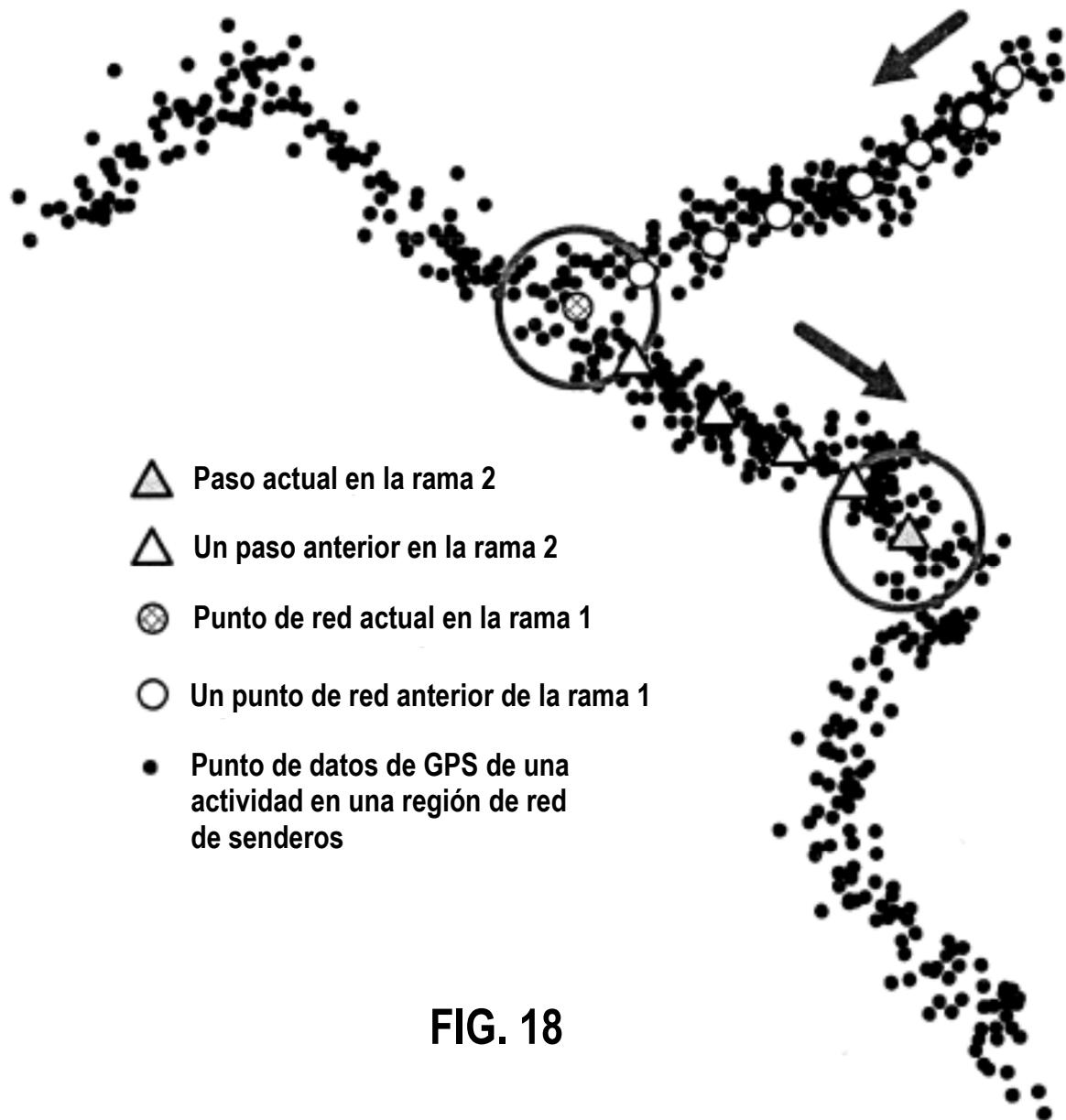


FIG. 18

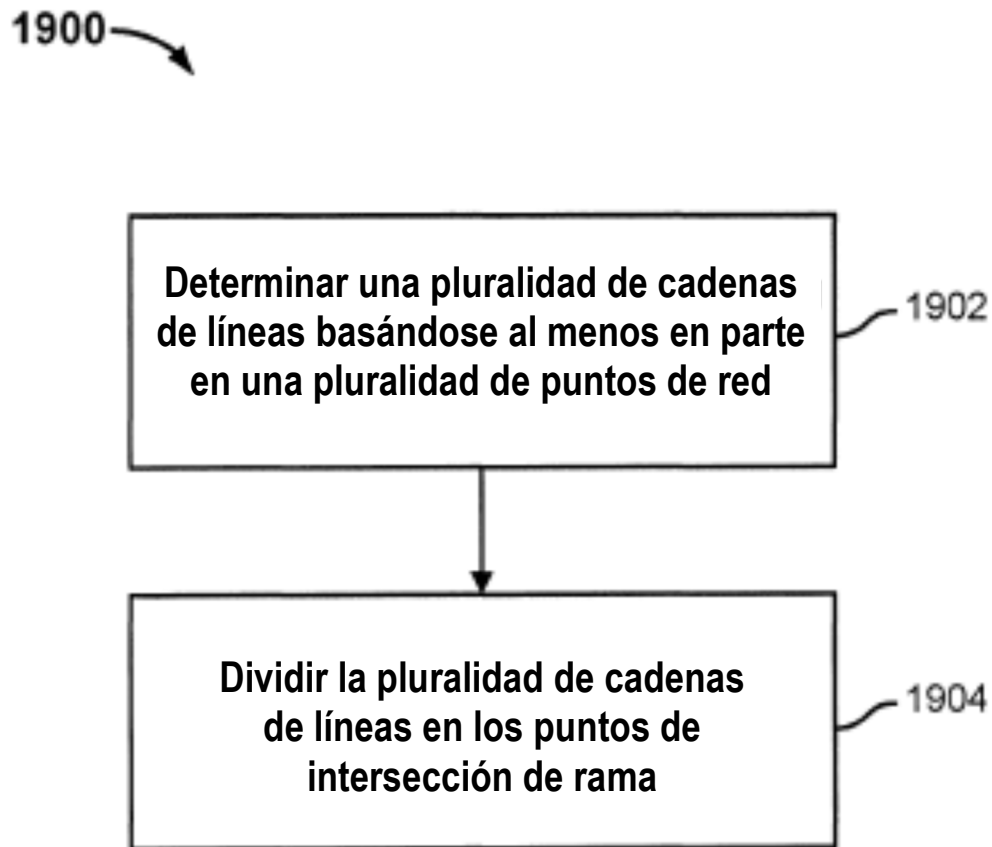


FIG. 19

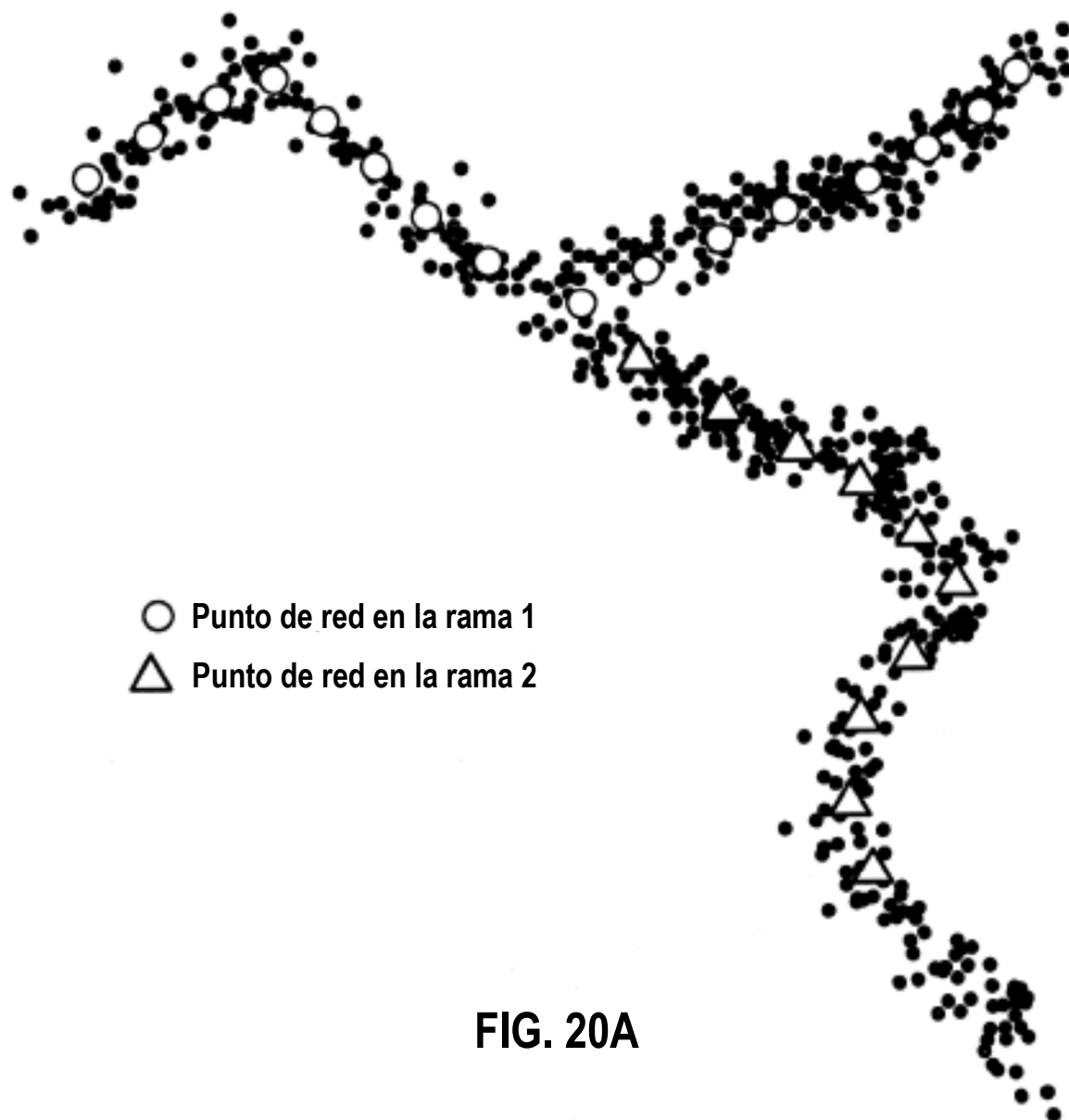


FIG. 20A

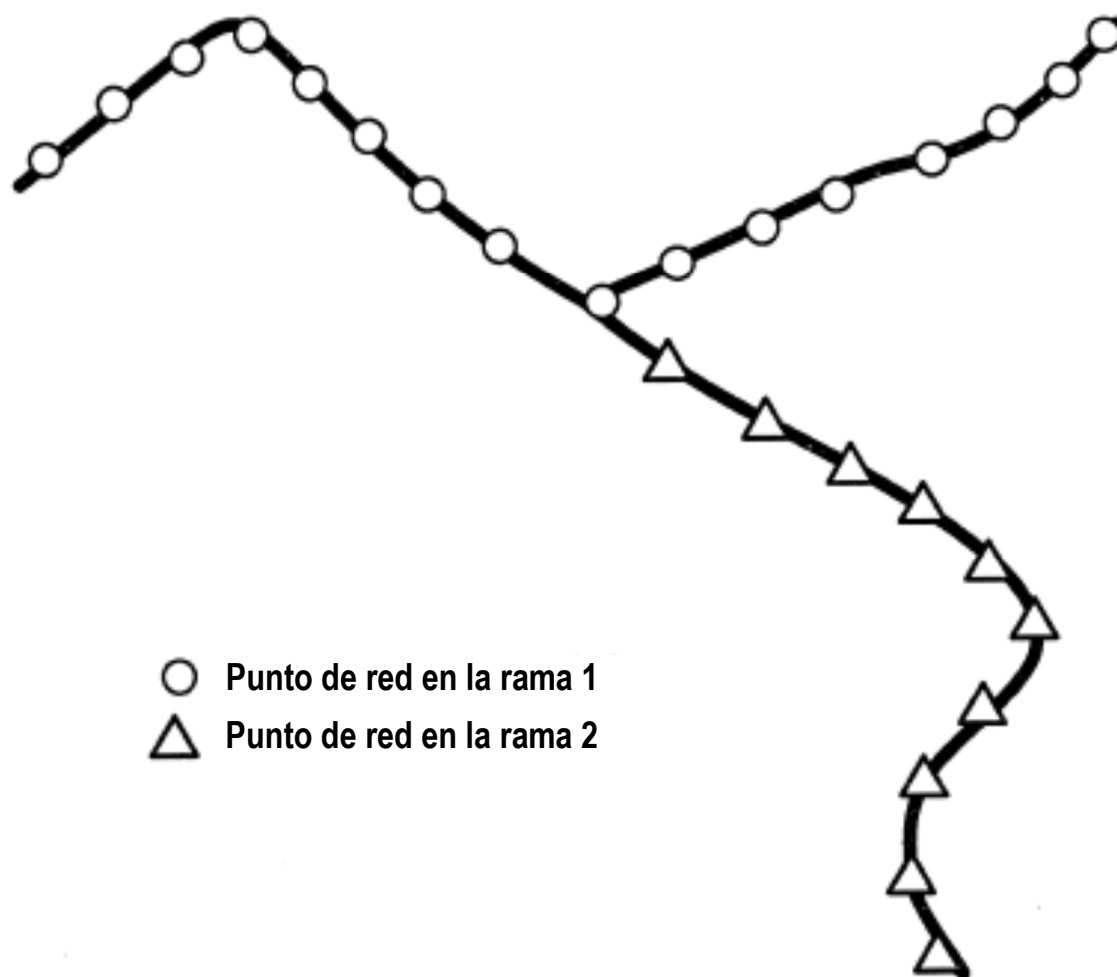


FIG. 20B

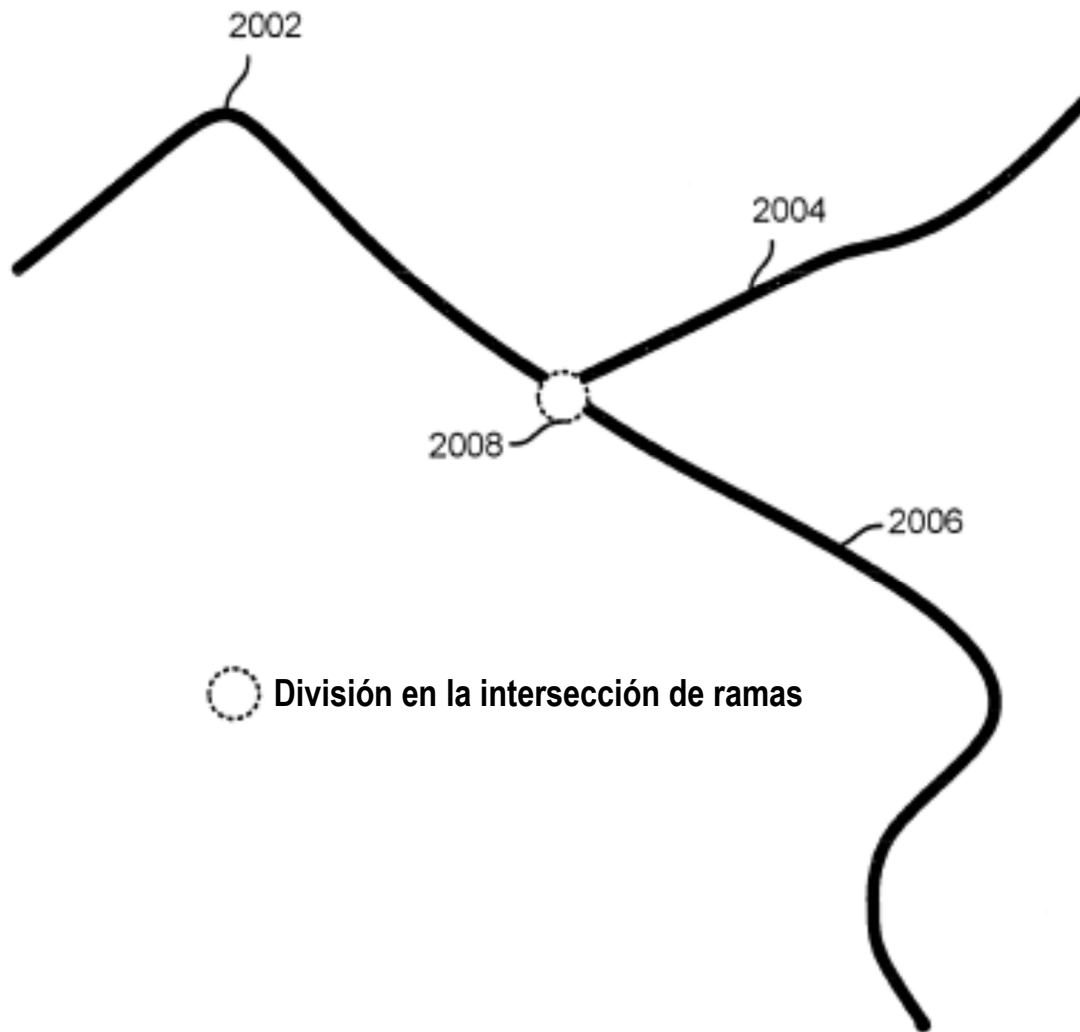


FIG. 20C