



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 297 776**

⑤① Int. Cl.:  
**H04Q 7/38** (2006.01)  
**G01C 21/00** (2006.01)  
**G01S 5/02** (2006.01)  
**H03M 7/30** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **06004083 .9**  
⑧⑥ Fecha de presentación : **24.01.2003**  
⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1662837**  
⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **31.05.2006**

⑤④ Título: **Procedimiento y sistema para almacenamiento y recuperación rápida de elevaciones de modelo digital del terreno para su utilización en sistemas de posicionamiento.**

③⑩ Prioridad: **25.01.2002 US 57189**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.05.2008**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.05.2008**

⑦③ Titular/es: **Qualcomm Incorporated**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, California 92121, US**

⑦② Inventor/es: **Biacs, Zoltan**

⑦④ Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 297 776 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**

Procedimiento y sistema para almacenamiento y recuperación rápida de elevaciones de modelo digital del terreno para su utilización en sistemas de posicionamiento.

**Campo de la invención**

La invención se refiere a sistemas de posicionamiento híbridos asistidos inalámbricos, y más en particular al almacenamiento y recuperación de elevaciones de modelo digital del terreno.

**Antecedentes de la invención**

Para realizar localización de posición en redes celulares inalámbricas (por ejemplo, una red telefónica celular), varios enfoques realizan triangulación basándose en el uso de información de sincronismo enviada entre cada una de varias estaciones base y un dispositivo móvil, tal como un teléfono celular. Un enfoque, llamado trilateración avanzada de enlace directo (AFLT) o diferencia de tiempo observado mejorado (EOTD), mide en el dispositivo móvil los tiempos de llegada de señales transmitidas desde cada una de varias estaciones base. Estos tiempos se transmiten a una entidad de determinación de posición (PDE) (por ejemplo, un servidor de localización), que calcula la posición del dispositivo móvil utilizando estos tiempos de recepción. Los tiempos-del-día en estas estaciones base están coordinados de manera que en un momento de tiempo particular, los tiempos-del-día asociados con múltiples estaciones base están dentro de un límite de error especificado. Las posiciones precisas de las estaciones base y los tiempos de recepción se utilizan para determinar la posición del dispositivo móvil.

La figura 1 muestra un ejemplo de un sistema AFLT en el que los tiempos (TR1, TR2, y TR3) de recepción de señales desde estaciones 101, 103 y 105 base celulares se miden en el teléfono 111 celular móvil. Estos datos de sincronismo pueden utilizarse para calcular la posición del dispositivo móvil. Tal cálculo puede realizarse en el propio dispositivo móvil, o en un servidor de localización si la información de sincronismo así obtenida por el dispositivo móvil se transmite al servidor de localización a través de un enlace de comunicación. Normalmente, los tiempos de recepciones se comunican a un servidor 115 de localización a través de una de las estaciones base celulares (por ejemplo, la estación 101, ó 103, ó 105 base). El servidor 115 de localización está acoplado para recibir datos desde las estaciones base a través del centro 113 de conmutación móvil. El centro 113 de conmutación móvil proporciona señales (por ejemplo, comunicaciones de voz) a y desde el sistema telefónico público conmutado (PSTS) de línea terrestre de manera que pueden transportarse señales a y desde el teléfono móvil a otros teléfonos (por ejemplo, teléfonos de línea terrestre sobre el PSTS u otros teléfonos móviles). En algunos casos el servidor de localización puede también comunicarse con el centro de conmutación móvil a través de un enlace celular. El servidor de localización también puede supervisar las emisiones desde varias de las estaciones base en un esfuerzo para determinar el sincronismo relativo de estas emisiones.

En otro enfoque, llamado diferencia de tiempo de llegada (TDOA), los tiempos de recepción de una señal desde un dispositivo móvil se miden en varias estaciones base. La figura 1 se aplica a este caso si se invierten las flechas de TR1, TR2, y TR3. Estos datos de sincronismo pueden entonces comunicarse al servidor de localización para calcular la posición del dispositivo móvil.

Aún un tercer procedimiento de realizar localización de posición implica la utilización en el dispositivo móvil de un receptor para el sistema de posicionamiento por satélite global (GPS) de Estados Unidos u otro sistema de posicionamiento por satélite (SPS), tal como el sistema Glonass ruso y el sistema Galileo europeo propuesto, o una combinación de satélites y pseudosatélites. Los pseudosatélites son transmisores con base en tierra, que emiten un código PN (similar a una señal GPS) modulado sobre una señal portadora de L bandas, sincronizada generalmente con tiempo SPS. A cada transmisor puede asignársele un código PN único para permitir la identificación por un receptor remoto. Los pseudosatélites son útiles en situaciones en las que las señales SPS desde un satélite puestos en órbita podrían estar no disponibles, tal como en túneles, minas, edificios u otras zonas cerradas. El término "satélite", como se utiliza en el presente documento, se pretende que incluya pseudosatélite o equivalentes de los pseudosatélites, y el término señales GPS, como se utiliza en el presente documento, se pretende que incluya señales de tipo GPS desde los pseudosatélites o equivalentes de los pseudosatélites. Un procedimiento de este tipo que utiliza un receptor para señales SPS puede ser completamente autónomo o puede utilizar la red celular para proporcionar datos de ayuda o para compartir el cálculo de la posición. Ejemplos de tal procedimiento se describen en las patentes estadounidenses N° 5.841.396; N° 5.945.944; y N° 5.812.087. Como abreviatura, se llama a estos diversos procedimientos "SPS". En implementaciones prácticas de bajo coste, tanto el receptor de comunicaciones celulares móviles como el receptor SPS están integrados en la misma caja y, de hecho pueden compartir conjuntos de circuitos electrónicos comunes.

A una combinación de o bien la AFLT o bien la TDOA con un sistema SPS se la llama sistema "híbrido".

En aún otra variante de los procedimientos anteriores, se determina el retardo de ida y vuelta (RTD) para señales que se envían desde la estación base al dispositivo móvil y luego se devuelven. En un procedimiento similar, pero alternativo, se determina el retardo de ida y vuelta para señales que se envían desde el dispositivo móvil a la estación base y luego se devuelven. Cada uno de estos retardos de ida y vuelta se divide por dos para determinar una estimación del retardo de tiempo de una dirección. El conocimiento de la ubicación de la estación base, más un retardo de una dirección limita la ubicación del dispositivo móvil a un círculo sobre la Tierra. Entonces dos medidas tales dan como

resultado la intersección de dos círculos, lo que a su vez limita la ubicación a dos puntos sobre la Tierra. Una tercera medida (incluso un ángulo de llegada o sector de célula) resuelve la ambigüedad.

La ayuda de altitud (“*altitude aiding*”) se ha utilizado en diversos procedimientos para determinar la posición de un dispositivo móvil. La ayuda de altitud se basa normalmente en una pseudomedición de la altitud. El conocimiento de la altitud de una ubicación de un dispositivo móvil limita las posibles posiciones del dispositivo móvil a una superficie de una esfera (o un elipsoide) con su centro ubicado en el centro de la Tierra. Este conocimiento puede utilizarse para reducir el número de mediciones independientes requeridas para determinar la posición del dispositivo móvil. Normalmente, el operador del dispositivo móvil puede suministrar manualmente una altitud estimada, o ajustarse a una altitud desde una solución tridimensional previa, o ajustarse a un valor predeterminado, o derivarse a partir de información cartográfica, tales como una base de datos topográfica o geodésica, mantenida en un servidor de localización.

La patente estadounidense N° 6.061.018 describe un procedimiento en el que se determina una altitud estimada a partir de la información de un objeto de célula, que puede ser un sitio de célula que tenga un transmisor de sitio de célula en comunicación con el dispositivo móvil. La patente estadounidense N° 6.061.018 también describe un procedimiento para determinar la condición de las mediciones de las pseudodistancias desde una pluralidad de satélites SPS comparando una altitud calculada a partir de las mediciones de pseudodistancia con la altitud estimada.

Algunas veces se almacena en memoria una tabla de datos de altitud de resolución inferior. Normalmente, se almacena información cartográfica de alta resolución, tal como una base de datos topográfica o geodésica, en uno o más archivos planos (no indexados) en un servidor de localización. Por ejemplo, puede obtenerse un modelo digital de elevaciones (DEM) con una separación de rejilla horizontal de 30 arcossegundos (aproximadamente 1 kilómetro) de U. S. Geological Survey en un conjunto de cinco CD-ROM. Un archivo DEM de U. S. Geological Survey (<http://cdcdac.usgs.gov/>) se proporciona como enteros con signo de 16 bits en un formato de trama (*raster*) binario genérico simple. Hay bytes de cabecera limitados y a veces de cola incorporados en los datos de imagen. Los datos se almacenan en orden de fila mayor (todos los datos para la fila 1, seguidos por todos los datos para la fila 2, etc.).

A veces, también se hace referencia a un modelo digital de elevación (DEM) como un modelo digital del terreno (DTM).

La patente estadounidense N° 6.023.278 describe un sistema de mapas digitales para visualizar datos del terreno tridimensionales utilizando datos del terreno en forma de polígonos.

### 35 Sumario de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos y aparatos para generar elevaciones comprimidas e indexadas de modelos digitales de elevaciones tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

En un aspecto de la invención, un procedimiento para almacenar datos de elevaciones incluye: comprimir datos de elevaciones de una primera parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para generar primeros datos de elevaciones comprimidos; almacenar los primeros datos de elevaciones comprimidos en una ubicación de almacenamiento a la que apunta un primer índice; y almacenar el primer índice. En un ejemplo según este aspecto, los datos de elevaciones de la primera parte se comprimen: restando una elevación de referencia de los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones (DEM) para generar datos de elevaciones normalizados; ajustando a escala los datos de elevaciones normalizados para generar datos de elevaciones ajustados a escala; y mediante codificación por longitud de serie de los datos de elevaciones ajustados a escala para generar los primeros datos de elevaciones comprimidos. En un ejemplo, también se almacenan los parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en la primera parte del modelo digital de elevaciones, así como los datos de transformación que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones. En un ejemplo, un modelo digital de elevaciones se divide en una pluralidad de zonas; una zona del modelo digital de elevaciones se divide en una pluralidad de baldosas; y los perfiles en cada una de la pluralidad de baldosas de una zona del modelo digital de elevaciones se comprimen individualmente. También se almacenan los parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de baldosas, así como los parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de zonas.

En otro aspecto de la invención, un procedimiento para recuperar datos de elevaciones incluye: localizar una primera parte comprimida de un modelo digital de elevaciones (DEM) utilizando un primer índice; y descomprimir la primera parte comprimida para recuperar primeros datos de elevaciones para al menos un punto de muestra en el modelo digital de elevaciones. El modelo digital de elevaciones presenta una pluralidad de partes comprimidas que incluye la primera parte comprimida; y los primeros puntos de índice para una ubicación de almacenamiento en la que se almacena la primera parte comprimida.

En un ejemplo según este aspecto, la primera parte comprimida se descomprime: mediante decodificación por longitud de serie de la primera parte comprimida para generar datos de elevaciones ajustados a escala; mediante ajuste a escala inverso de los datos de elevaciones ajustados a escala para generar datos de elevaciones normalizados; y añadiendo una elevación de referencia a los datos de elevaciones normalizados para generar los primeros datos de elevaciones. En un ejemplo según este aspecto, la pluralidad de partes comprimidas se almacenan en uno de: a)

un archivo mapeado en memoria (MMF); b) memoria de acceso aleatorio (RAM); y c) un archivo en un sistema de archivos en un sistema de procesamiento digital; y la pluralidad de partes comprimidas son partes de perfiles comprimidos en una baldosa del modelo digital de elevaciones.

5 En un ejemplo, para calcular una elevación de una ubicación, se identifica una zona en una pluralidad de zonas de un modelo digital de elevaciones; se identifica una baldosa que contenga la ubicación a partir de una pluralidad de baldosas en la zona; se identifica un perfil que esté en la vecindad de la ubicación; y se descomprime al menos una parte del perfil para recuperar datos de elevaciones de al menos un punto de muestra. Se identifican una pluralidad de puntos de muestra en la vecindad de la ubicación. Después de que se recuperan las elevaciones de la pluralidad de puntos de muestra del modelo digital de elevaciones, se calcula la elevación de la ubicación a partir de una interpolación  
10 utilizando las elevaciones de la pluralidad de puntos de muestra. Se realiza una transformación de coordenadas para expresar una posición horizontal de la ubicación en un sistema de coordenadas utilizado por el modelo digital de elevaciones. Al calcular la elevación de la ubicación, se realiza una transformación de coordenadas de modo que la elevación de la ubicación se expresa en un sistema de coordenadas utilizado por una entidad de determinación de posición. La elevación de la ubicación se proporciona a una entidad de determinación de posición para realizar ayuda de altitud en un sistema de posicionamiento. La elevación se proporciona en tiempo real en respuesta a una solicitud de la entidad de determinación de posición en un escenario; y la elevación se proporciona rellenar información para datos de almanaque de estación base, que se utilizan posteriormente mediante una entidad de determinación de posición para ayuda de altitud, en otro escenario.

20 La presente invención incluye aparatos que realizan estos procedimientos, que incluyen sistemas de procesamiento de datos que realizan estos procedimientos y medios legibles por ordenador que cuando se ejecutan sobre los sistemas de procesamiento de datos provocan que los sistemas realicen estos procedimientos.

25 Otras características de la presente invención serán evidentes a partir de los dibujos adjuntos y a partir de la descripción detallada que sigue.

#### **Breve descripción de los dibujos**

30 La presente invención se ilustra a modo de ejemplo y no de limitación en las figuras de los dibujos adjuntos en los que referencias similares indican elementos similares.

La figura 1 muestra un ejemplo de una red celular de la técnica anterior que determina la posición de un dispositivo celular móvil.

35 La figura 2 muestra un ejemplo de un servidor de localización que puede utilizarse con la presente invención.

La figura 3 muestra un procedimiento para utilizar una base de datos de elevaciones del terreno (TEDB) para proporcionar información de altura del terreno en tiempo real durante el procesamiento de navegación en una entidad de determinación de posición (PDE) según una realización de la presente invención.

40 La figura 4 muestra un procedimiento para rellenar información de altura para datos de almanaque de estación base, información que puede utilizarse durante el procesamiento de navegación en una entidad de determinación de posición (PDE) para ayuda de altitud, según una realización de la presente invención.

45 La figura 5 muestra un procedimiento para organizar modelos digitales de elevaciones según una realización de la presente invención.

La figura 6 muestra un esquema de ejemplo para numerar baldosas en una zona.

50 La figura 7 muestra un ejemplo de un perfil de datos de elevaciones del terreno.

La figura 8 muestra un procedimiento para determinar una elevación del terreno para una ubicación a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) según una realización de la presente invención.

55 La figura 9 muestra un subsistema de ayuda de elevaciones servidor según una realización de la presente invención.

La figura 10 muestra una representación de datos de una baldosa de un modelo digital de elevaciones (DEM) según una realización de la presente invención.

60 La figura 11 muestra una representación de datos de una cabecera para almacenar una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) según una realización de la presente invención.

65 La figura 12 muestra un esquema de codificación por longitud de serie que puede utilizarse con la presente invención.

La figura 13 ilustra un ejemplo de codificación de una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para su almacenamiento según una realización de la presente invención.

## ES 2 297 776 T3

La figura 14 muestra un procedimiento para codificar una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para su almacenamiento según una realización de la presente invención.

5 La figura 15 muestra un procedimiento para calcular la elevación de una ubicación según una realización de la presente invención.

La figura 16 muestra un procedimiento para recuperar y decodificar una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para calcular la elevación de una ubicación según una realización de la presente invención.

### 10 Descripción detallada

La descripción y los dibujos siguientes son ilustrativos de la invención y no han de interpretarse como limitantes de la invención. Se describen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión profunda de la presente invención. Sin embargo, en ciertos casos, no se describen detalles convencionales o ampliamente conocidos con el fin de evitar complicar la descripción de la presente invención.

Al menos una realización de la presente invención busca almacenar eficazmente datos de elevaciones del terreno en una base de datos y utilizar eficazmente los datos de elevaciones del terreno en la base de datos para proporcionar una altitud estimada para una ubicación.

20 La figura 2 muestra un ejemplo de un sistema de procesamiento de datos que puede utilizarse como un servidor en diversas realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, como se describe en la patente estadounidense N° 5.841.396, el servidor puede proporcionar datos de ayuda tales como datos de ayuda de Doppler u otros satélites al receptor GPS en una estación móvil. Además, o como alternativa, el servidor de localización puede realizar el cálculo de posición final en lugar de la estación móvil (después de recibir pseudodistancias u otros datos a partir de los que pueden determinarse pseudodistancias desde la estación móvil) y entonces puede reenviar esta determinación de posición a la estación base o a algún otro sistema. El sistema de procesamiento de datos como un servidor de localización incluye normalmente dispositivos 212 de comunicación, tales como módems o interfaz de red. El servidor de localización puede acoplarse a un número de diferentes redes a través de dispositivos 212 de comunicación (por ejemplo, módems u otras interfaces de red). Tales redes incluyen el centro de conmutación celular o múltiples centros 225 de conmutación celular, los conmutadores 223 de sistema telefónico con base en tierra, estaciones base celulares, otras fuentes 227 de señal GPS, u otros procesadores de otros servidores 221 de localización.

Normalmente se disponen múltiples estaciones base celulares para cubrir una zona geográfica con cobertura de radio, y estas diferentes estaciones base se acoplan a al menos un centro de conmutación móvil, tal como es ampliamente conocido en la técnica anterior (por ejemplo, véase la figura 1). Por tanto, múltiples estaciones base se distribuirían geográficamente pero se acoplarían entre sí mediante un centro de conmutación móvil. La red 220 puede conectarse a una red de receptores GPS de referencia que proporcionan información GPS diferencial y también pueden proporcionar efemérides GPS para su utilización al calcular la posición de sistemas móviles. La red se acopla a través del módem u otra interfaz de comunicación al procesador 203. La red 220 puede conectarse a otros ordenadores o componentes de red. También la red 220 puede conectarse a sistemas informáticos operados por operadores de emergencia, tales como los puntos de respuesta de seguridad pública que responden a llamadas de teléfono al 911. En numerosas patentes estadounidenses se han descrito diversos ejemplos de procedimientos para utilizar un servidor de localización, incluyendo: las patentes estadounidenses N° 5.841.396; N° 5.874.914; N° 5.812.087; y N° 6.215.442.

45 El servidor 201 de localización, que es una forma de un sistema de procesamiento de datos, incluye un bus 202 que está acoplado a un microprocesador 203 y a una ROM 207 y a una RAM 205 volátil y a una memoria 206 no volátil. El procesador 203 está acoplado a una memoria 204 caché como se muestra en el ejemplo de la figura 2. El bus 202 interconecta estos diversos componentes entre sí. Aunque la figura 2 muestra que la memoria no volátil es un dispositivo local acoplado directamente al resto de los componentes en el sistema de procesamiento de datos, se apreciará que la presente invención puede utilizar una memoria no volátil que esté alejada del sistema, tal como un dispositivo de almacenamiento de red que esté acoplado al sistema de procesamiento de datos a través de una interfaz de red tal como un módem o interfaz Ethernet. El bus 202 puede incluir uno o más buses conectados entre sí a través de diversos puentes, controladores y/o adaptadores como es ampliamente conocido en la técnica. En muchas situaciones el servidor de localización puede realizar sus operaciones automáticamente sin ayuda humana. En algunos diseños en los que se requiere interacción humana, el controlador 209 de E/S puede comunicarse con pantallas, teclados, y otros dispositivos de E/S.

60 Obsérvese que aunque la figura 2 ilustra diversos componentes de un sistema de procesamiento de datos, no se pretende representar ninguna arquitectura o manera particular de interconectar los componentes ya que tales detalles no guardan relación con la presente invención. También se apreciará que pueden utilizarse también con la presente invención ordenadores en red y otros sistemas de procesamiento de datos que tengan menos componentes o quizás más componentes y pueden actuar como un servidor de localización o un PDE.

65 A partir de esta descripción será evidente pueden llevarse a cabo aspectos de la presente invención, al menos en parte, en software. Es decir, las técnicas pueden llevarse a cabo en un sistema informático u otro sistema de procesamiento de datos en respuesta a que su procesador ejecute secuencias de instrucciones contenidas en memoria, tal como la ROM 207, la RAM 205 volátil, la memoria 206 no volátil, la caché 204 o un dispositivo de almacenamiento remoto.

## ES 2 297 776 T3

En diversas realizaciones, puede utilizarse un conjunto de circuitos cableado en combinación con instrucciones de software para implementar la presente invención. Por tanto, las técnicas no se limitan a ninguna combinación específica de conjunto de circuitos de hardware y software ni a ninguna fuente particular para las instrucciones ejecutadas por el sistema de procesamiento de datos. Además, a lo largo de esta descripción, se describen diversas funciones y operaciones como realizadas por o provocadas por código de software para simplificar la descripción. Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que lo que se quiere decir con tales expresiones es que las funciones resultan de la ejecución del código mediante un procesador, tal como el procesador 203.

En algunas realizaciones los procedimientos de la presente invención pueden realizarse sobre sistemas informáticos que se utilizan simultáneamente para otras funciones, tales como conmutación celular, servicios de mensajería, etc. En estos casos, parte de o todo el hardware de la figura 2 se compartiría para varias funciones.

Aunque el almacenamiento o recuperación de datos de elevaciones del terreno desde una base de datos puede realizarse sobre un servidor de localización, estas operaciones también pueden realizarse sobre otros sistemas de procesamiento digital similares al ilustrado en la figura 2.

La figura 3 muestra un procedimiento para utilizar una base de datos de elevaciones del terreno (TEDB) para proporcionar información de altura del terreno en tiempo real durante el procesamiento de navegación en una entidad de determinación de posición (PDE) según una realización de la presente invención. La base 301 de datos de elevaciones del terreno (TEDB) almacenada según la presente invención (por ejemplo, en una memoria de acceso aleatorio (RAM) o en un disco duro) proporciona acceso en tiempo real sobre la línea 311 a un servidor 305 de localización para ayuda de altitud. El servidor 305 de localización puede recuperar eficazmente una altitud para cualquier ubicación dada en el proceso de determinar una ubicación de una estación móvil.

En un ejemplo, los datos 303 de almanaque sobre una estación base proporcionan una posición horizontal estimada del sitio de célula al servidor de localización, que pueden utilizarse para obtener una estimación inicial de la altitud de la estación móvil.

Las señales 309 SPS que se emiten desde estaciones base o satélites GPS (u otros tipos de satélites SPS) se reciben en una estación móvil. La señal 307 SPS recibida en una estación móvil se utiliza para determinar los tiempos de llegada de las señales SPS que se emiten desde las estaciones bases o satélites SPS. El servidor 305 de localización utiliza los tiempos-de-llegada para determinar la posición de la estación móvil.

En el proceso de determinar iterativamente la posición de la estación móvil, pueden recuperarse estimaciones mejores de la altitud de la estación móvil a partir de la TEDB 301, cuando el servidor 305 de localización determina coordenadas horizontales más precisas de la estación móvil a partir de los tiempos-de-llegada (o pseudodistancias).

En otro ejemplo, la posición horizontal determinada a partir de los tiempos-de-llegada puede utilizarse para recuperar una altitud estimada de la estación móvil a partir de la TEDB con el fin de determinar la condición de las mediciones de tiempo-de-llegada (o pseudodistancia) utilizando los procedimientos descritos en la patente estadounidense N° 6.061.018.

Aunque la figura 3 ilustra un ejemplo en el que los tiempos-de-llegada se miden en una estación móvil, tal como en un sistema AFLT, un sistema SPS, o un sistema AFLT híbrido, se apreciaría que tal acceso en tiempo real a una TEDB también puede utilizarse en otros sistemas de posicionamiento en los que los tiempos-de-llegada se midan en estaciones base, tal como en un sistema TDOA en el que los tiempos-de-llegada de una señal desde una estación móvil se determinan en una pluralidad de estaciones base.

La figura 4 muestra un procedimiento para rellenar información de altura para datos de almanaque de estación base, información que puede utilizarse durante el procesamiento de navegación en una entidad de determinación de posición (PDE) para ayuda de altitud, según una realización de la presente invención. La base 401 de datos de elevaciones del terreno (TEDB) almacenada según la presente invención (por ejemplo, en una memoria de acceso aleatorio (RAM) o en un disco duro) proporciona acceso fuera de línea sobre la línea 411 para rellenar información de altitud en datos de almanaque mantenidos sobre una estación base. En un ejemplo, un módulo de software, llamado ordenador/editor (413) de almanaque de estación base, se utiliza para calcular la altura del terreno estimada para cada sitio de célula enumerado en los datos de almanaque mantenidos sobre la estación base. La altura del terreno estimada para cada sitio de célula se mantiene sobre la estación base para proporcionar ayuda de altitud al servidor 405 de localización. Sin embargo, cuando se utiliza el enfoque de acceso fuera de línea, el servidor de localización no puede obtener estimaciones mejores de la altitud de la estación móvil una vez que se determinan estimaciones más precisas de la posición horizontal de la estación móvil a partir de los tiempos-de-llegada de las señales SPS recibidas en la estación móvil.

La figura 5 muestra un procedimiento para organizar modelos digitales de elevaciones según una realización de la presente invención. La zona 501 de un modelo digital de elevaciones se cubre mediante una pluralidad de baldosas rectangulares (por ejemplo, baldosas 511, 512, 513, y 514). Por ejemplo, la zona 501 puede ser Estados Unidos, o Corea, o Japón. Cuando están disponibles modelos digitales de elevaciones de diferentes resoluciones para una cierta región, se utiliza una jerarquía de baldosas. Una baldosa en un nivel inferior presenta una resolución superior; y una baldosa en un nivel superior presenta una resolución inferior. Una baldosa de nivel superior presenta un indicador que

## ES 2 297 776 T3

indica si hay o no baldosas de nivel inferior que modelan la misma región de la zona. Por ejemplo, la baldosa 511 y las subbaldosas 521, 522, 523, 524 modelan la misma región de la zona 501. La baldosa 511 es una baldosa de nivel superior; las baldosas 521, 522, 523, y 524 son baldosas de nivel inferior. Si no puede determinarse la elevación de una ubicación a partir de una baldosa de nivel inferior, puede utilizarse la baldosa de nivel superior que contiene la baldosa de nivel inferior para determinar la elevación de la ubicación con menos precisión.

Un esquema de rejilla jerárquica de este tipo permite una búsqueda de datos rápida. En primer lugar se identifica la zona que contiene la ubicación. Entonces se identifica la baldosa de alto nivel que contiene la ubicación. Si hay una baldosa de nivel inferior, se accede a la baldosa de nivel inferior que contiene la ubicación. Las baldosas se direccionan mediante coordenadas a lo largo de las direcciones latitudinal y longitudinal de modo que la baldosa que contiene una ubicación dada puede identificarse fácilmente a partir de las coordenadas horizontales de la ubicación.

La figura 6 muestra un esquema de ejemplo para numerar baldosas. Tal esquema puede utilizarse para seguir la pista de baldosas de nivel inferior dentro de una baldosa o baldosas de nivel superior dentro de una zona. Formando una rejilla rectangular, las baldosas se enumeran en la dirección de las columnas o en la dirección de las filas para indexar las baldosas de modo que el índice de una baldosa puede determinarse fácilmente a partir de sus índices de fila y columna. Sus índices de fila y columna también pueden determinarse fácilmente a partir del índice de la baldosa. En el ejemplo de la figura 6, las baldosas se enumeran desde la esquina superior izquierda (noroeste) de la región en la dirección de las filas. Suponiendo que el índice de columna de una baldosa es  $I$ , el índice de fila de la baldosa es  $J$ , y el número de columnas de la rejilla es  $N$ , el índice de la baldosa es  $J*N+I$ . Suponiendo que el índice de la baldosa es  $M$ , el índice de columna es  $I = \text{mod}(M, N)$ ; y el índice de fila es  $J = (M-I) / N$ . Puesto que el índice de columna y el índice de fila de la baldosa que contiene una ubicación dada pueden calcularse a partir de las coordenadas horizontales de la ubicación y la posición de la rejilla, puede identificarse fácilmente la baldosa que contiene la ubicación.

La figura 7 muestra un ejemplo de un perfil de elevación del terreno. A lo largo de una línea de exploración latitudinal (o longitudinal) en una baldosa del modelo digital de elevación, las elevaciones de una pluralidad de puntos de muestra forman un perfil. Una interpolación de las elevaciones en los puntos de muestra proporciona la elevación para cualquier punto dado sobre la línea. Por ejemplo, la altura 703 representa la elevación en el punto  $H_n$ ; y la curva 701 representa un modelo de elevaciones para el segmento entre los puntos  $H_0$  y  $H_n$ . Pueden utilizarse diversos esquemas de interpolación 1D para generar la curva 701.

La figura 8 muestra un procedimiento para determinar una elevación del terreno para una ubicación a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) según una realización de la presente invención. Una baldosa de DEM contiene una pluralidad de perfiles. Por ejemplo, los perfiles  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  y  $P_4$  en la figura 8 están contenidos dentro de una única baldosa de DEM. La elevación de una ubicación puede determinarse a partir de las elevaciones de los puntos de muestra cerca de la ubicación. Por ejemplo, la elevación del punto  $X$  en la figura 8 puede determinarse a partir de una interpolación utilizando las elevaciones en puntos  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , y  $X_4$  de muestra. En el ejemplo de la figura 8, se utiliza una interpolación bilineal para calcular la elevación de un punto entre dos perfiles y entre dos líneas de puntos de muestra (que están en una dirección que no es paralela a las líneas de perfiles). En una realización de la presente invención, se utiliza un esquema de interpolación bicuadrática para determinar la elevación de una ubicación utilizando las elevaciones de los puntos de muestra cerca de la ubicación en una baldosa del modelo digital de elevaciones.

Los datos de perfil para una baldosa se almacenan normalmente en un sistema de coordenadas específico de la zona. Por ejemplo, las coordenadas horizontales pueden representarse en un sistema WGS84, o en un sistema NAD83, o en un sistema específico para Japón o Corea; y un sistema de coordenadas verticales puede ser un sistema de nivel medio del mar (MSL) (por ejemplo, NAD88 o NAD27), o un sistema de altura sobre el elipsoide (HAE). Obsérvese que diferentes sistemas HAE (por ejemplo, un sistema WGS84, un sistema WGS72, un sistema Clarke 1866, o un sistema Bessel 1841) pueden utilizar diferentes modelos de elipsoide (por ejemplo, diferentes semiejes mayores y coeficientes de aplastamiento). Pueden utilizarse tablas de dato para definir transformaciones de diversos sistemas de coordenadas diferentes a un sistema de coordenadas (por ejemplo, la coordenada utilizada por una PDE, tal como un sistema WGS84).

La figura 9 muestra un subsistema de ayuda de elevaciones servidor según una realización de la presente invención. El subsistema 901 de ayuda de elevaciones servidor contiene un interpolador 910, un ordenador 920 geodésico, un administrador 930 de modelos digitales de elevaciones y un administrador 940 de acceso a datos de modelos digitales de elevaciones.

El interpolador 910 contiene un interpolador 911 1D y un interpolador 913 2D para proporcionar información en 1D y 2D. En una realización de la presente invención, el interpolador 2D puede realizar una interpolación bilineal, que es utilizada por NGS (*National Geodetic Survey*) y NIMA (*National Imaging y Mapping Agency*) para la interpolación de diversas rejillas de datos. En otra realización de la presente invención, el interpolador 2D también puede realizar interpolación bicuadrática para calcular la elevación de una ubicación a partir de las elevaciones de los puntos de muestra cerca de la ubicación.

El ordenador 920 geodésico contiene un administrador 921 de transformaciones de dato y un proyector 923 de mapas. El ordenador 920 geodésico se utiliza para realizar transformación de coordenadas de una ubicación entre un sistema de coordenadas (por ejemplo, un sistema utilizado por un servidor de localización), y otro sistema de coordenadas (por ejemplo, un sistema utilizado por una baldosa DEM). Puede utilizarse el procedimiento de transformación

## ES 2 297 776 T3

analítica común de Molodensky para la transformación de dato para Japón; puede utilizarse un procedimiento basado en interpolación NADCON para transformar datos DEM de USA NAD27. Cuando el sistema de coordenadas horizontal para la baldosa DEM es un sistema WGS72, puede utilizarse Molodensky o una transformación S de 7 parámetros para realizar la transformación. El ordenador 920 geodésico también puede utilizar otras transformaciones, tales como transformación de similaridad 3D (transformación de aka Bursa-Wolf).

El administrador 930 DEM contiene la zona 931 de baldosa, que además contiene baldosas del DEM (933). Las baldosas del DEM contienen datos de elevaciones, almacenadas en RAM, o en archivos mapeados en memoria (MMF), o en archivos sobre una unidad de disco (por ejemplo, un disco duro, un CD-ROM, un DVD-ROM, etc.). Se utiliza un administrador DEM para almacenar y administrar la lista jerárquica de baldosas.

El administrador 940 de acceso a datos contiene un descodificador 941 y un codificador 943 para proporcionar acceso a baldosas para diversos mecanismos de almacenamiento (por ejemplo, disco duro o memoria). El codificador 943 puede transformar un modelo DEM de un archivo plano a una TEDB indexada y comprimida utilizando un procedimiento descrito posteriormente. El descodificador 941 puede descodificar un modelo DEM codificado en una TEDB indexada y comprimida con el fin de acceder a los datos de elevaciones en la base de datos.

La figura 10 muestra una representación de datos de una baldosa de un modelo digital de elevaciones (DEM) según una realización de la presente invención. Según una realización de la presente invención, los datos para diversos perfiles en una baldosa se comprimen utilizando un esquema descrito posteriormente. Para almacenar los perfiles en una baldosa en un espacio de almacenamiento mostrado en la figura 10, se utiliza una cabecera 1001 de baldosa para especificar los datos comunes (metadatos) para la baldosa, lo que es necesario para interpretar el DEM en la baldosa. Se almacenan los índices 1011 a 1019 después de la cabecera 1001 de baldosa para indicar las ubicaciones de los puntos de inicio de los datos para diversos perfiles. Por ejemplo, el índice 1012 apunta a la cabecera 1022 para el perfil 1, que contiene metadatos específicos para interpretar datos 1032 de elevaciones comprimidos para el perfil 1. De manera similar, el índice 1019 apunta a la cabecera 1029 para el perfil n. En general, datos de elevaciones comprimidos para diversos perfiles requieren espacios de almacenamiento de diferentes tamaños. A partir de las coordenadas horizontales de una ubicación dada, pueden determinarse los perfiles que contienen puntos de muestra cerca de la ubicación a partir de la cabecera de baldosa. Se puede acceder a los índices para estos perfiles para determinar la ubicación de las cabeceras de perfil y los datos de elevaciones comprimidos para estos perfiles. Los índices de los puntos de muestra cerca de la ubicación en los perfiles pueden determinarse a partir de la cabecera de baldosa (y, en algunas realizaciones, las cabeceras de perfil).

La figura 11 muestra una representación de datos de una cabecera para almacenar una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) según una realización de la presente invención. Los datos 1101 contienen el tipo del registro y la longitud de la cabecera. El tipo del registro indica si la cabecera es una cabecera de perfil o una cabecera de baldosa. El elemento 1103 contiene indicadores que muestran el tipo de datos contenidos en esta baldosa, que pueden ser traslaciones de dato de latitud o longitud, Geoid, DEM. El sistema 1105 de coordenadas horizontal especifica el sistema de coordenadas utilizado para representar las posiciones horizontales de los puntos de muestra, que puede ser un sistema geográfico, un sistema UTM, etc. El sistema 1107 de coordenadas vertical especifica el sistema de coordenadas utilizado para representar las elevaciones de los puntos de muestra, que puede ser SL local, MSL, o HAE, etc. Las unidades 1190 especifican las unidades utilizadas al medir las coordenadas horizontales y las elevaciones. La ordenación 1111 de perfiles especifica la dirección de líneas de perfil (por ejemplo, a lo largo de la dirección longitudinal o a lo largo de la dirección latitudinal), y números de puntos de muestra a lo largo de ambas direcciones en una baldosa. Los puntos 1113 de esquina especifican las posiciones de los puntos de esquina de la baldosa. El punto 1115 de referencia especifica el valor de referencia para las elevaciones, y la latitud y longitud de los puntos de inicio para los perfiles. El tamaño 1117 de baldosa especifica el tamaño de la baldosa en la dirección latitudinal y en la dirección longitudinal. La especificación 1119 de subbaldosa indica el tamaño de las subbaldosas bajo la baldosa, si existen. Los parámetros 1121 de compresión incluyen el factor de ajuste a escala utilizado al codificar los datos de elevaciones y un indicador que muestra si los datos de elevaciones están o no están codificados por longitud de serie. Posteriormente se describen detalles acerca del factor de ajuste a escala y la codificación por longitud de serie.

A partir de la descripción anterior, sería evidente para un experto en la técnica que pueden utilizarse diversas representaciones de datos de cabeceras para cabeceras de baldosa o cabeceras de perfil. Las cabeceras de baldosa y las cabeceras de perfil pueden presentar diferentes formatos; una cabecera de baldosa puede presentar más o menos elementos de datos que los mostrados en la figura 11; y una cabecera de perfil puede presentar más o menos elementos de datos que los mostrados en la figura 11. Por ejemplo, una cabecera de baldosa puede incluir además una cadena que muestra la fuente del DEM (por ejemplo, de un modelo USGS o de un modelo NGS) o información de ordenación de bytes; entretanto, una cabecera de perfil puede no presentar los elementos 1105 y 1107 para especificar el sistema de coordenadas, puesto que todos los perfiles dentro de una baldosa utilizaron el mismo sistema de coordenadas.

La figura 12 muestra un esquema de codificación por longitud de serie que puede utilizarse con la presente invención. Una cadena de símbolos (por ejemplo, números que representan elevaciones) puede segmentarse como series de elementos repetidos (*runs*) y secuencias. Una serie de elementos repetidos es una cadena repetitiva continua de un símbolo particular. Una secuencia es una cadena no repetitiva continua de símbolos. Por ejemplo, la cadena de símbolos entre los símbolos 1201 y 1202 es una serie de elementos repetidos; y la cadena de símbolos entre los símbolos 1203 y 1204 es una secuencia. Una serie de elementos repetidos puede codificarse como un número que indica el número de repeticiones del símbolo y el propio símbolo. Por ejemplo, la serie de elementos repetidos entre los símbolos 1201

## ES 2 297 776 T3

y 1202 se codifica como el número 1211, que es igual al número de repeticiones restado uno, y el símbolo 1212. De manera similar, una secuencia puede codificarse como un número que indica la longitud de la cadena de símbolos no repetitivos y la cadena de símbolos no repetitivos. Por ejemplo, la secuencia entre los símbolos 1203 y 1204 se representa mediante el número 1213, que es igual a uno restado del número de símbolos entre los símbolos 1203 y 1204, y una copia de los símbolos (símbolos entre 1217 y 1214). De manera similar, la serie de elementos repetidos entre los símbolos 1205 y 1206 se codifica como el número 1215 y 1216. En el ejemplo de la figura 12, una serie de elementos repetidos se representa mediante un número negativo que precede a un símbolo; y una secuencia se representa mediante un número no negativo que precede a una cadena de símbolos. Por tanto, los datos codificados entre 1211 y 1216 pueden descodificarse para recuperar la cadena de símbolos original (entre 1201 y 1206) en un proceso de descodificación.

La figura 13 ilustra un ejemplo de descodificación de una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para su almacenamiento según una realización de la presente invención. La columna 1303 representa los datos de elevaciones originales de un perfil DEM. El punto de muestra sobre la fila 1351 contiene el mínimo de las elevaciones para este perfil. La columna 1305 representa las elevaciones normalizadas, que se obtienen de restar el valor mínimo de los datos originales en la columna 1303. La columna 1307 representa las elevaciones ajustadas a escala, que se obtienen de dividir las elevaciones normalizadas en la columna 1305 por un factor de ajuste a escala (cuatro). En una realización de la presente invención, los factores de ajuste a escala son de tales que la división de enteros puede llevarse a cabo mediante operaciones de desplazamiento de bits durante el proceso de codificación y la multiplicación de enteros puede llevarse a cabo mediante operaciones de desplazamiento de bits durante el proceso de descodificación. En una realización de la presente invención, cuando las elevaciones se miden en la unidad de metro, el factor de ajuste a escala máximo es 4 (es decir, el bit menos significativo (LSB) de una elevación ajustada a escala representa 4 metros); cuando las elevaciones se miden en la unidad de pie, el factor de ajuste a escala máximo es 16 (es decir, LSB= 16 pies). Después del proceso de normalización y ajuste a escala, el intervalo de las elevaciones ajustadas a escala puede reducirse de modo que las elevaciones ajustadas a escala pueden representarse mediante enteros que ocupan menos espacio de almacenamiento. En una realización de la presente invención, los datos originales se representan mediante enteros de 2 bytes. Después del proceso de normalización y ajuste a escala, algunos perfiles pueden representarse mediante elevaciones ajustadas a escala y normalizadas como enteros de 1 byte. Las elevaciones ajustadas a escala y normalizadas en la columna 1307 pueden comprimirse adicionalmente utilizando un esquema de codificación por longitud de serie. Por ejemplo, las elevaciones ajustadas a escala entre las filas 1351 y 1352 pueden codificarse como una secuencia (1311, 1312 y 1313); y aquellas entre las filas 1353 y 1359 pueden codificarse como una serie de elementos repetidos (1321 y 1322).

La figura 14 muestra un procedimiento para codificar una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para su almacenamiento según una realización de la presente invención. La operación 1401 carga las elevaciones para un perfil de una baldosa DEM. Normalmente, los datos de elevaciones se leen desde un archivo plano (no indexado) que contiene un modelo digital de elevaciones de una zona (por ejemplo, Estados Unidos, o el mundo). Tal archivo plano es grande en tamaño. Para almacenar y acceder eficazmente al modelo digital de elevaciones, se utilizan las operaciones 1403 a 1411 para comprimir los datos y para almacenar los datos en uno o más archivos indexados. La operación 1403 genera elevaciones normalizadas para el perfil. Las elevaciones del perfil se normalizan con respecto a un valor de referencia. En una realización de la presente invención, las elevaciones normalizadas se generan restando la elevación mínima para la baldosa DEM de las elevaciones. En otra realización, las elevaciones se normalizan con respecto a la elevación mínima del perfil (o elevación media del perfil). La operación 1405 ajusta a escala las elevaciones normalizadas para generar elevaciones ajustadas a escala. En una realización de la presente invención, las elevaciones ajustadas a escala requieren menos espacio de almacenamiento que las elevaciones cargadas desde un archivo plano, puesto que el intervalo de datos se reduce después de las operaciones de normalización y ajuste a escala. Por ejemplo, los datos de elevaciones originales para un perfil que se representa mediante enteros de 2 bytes pueden representarse mediante elevaciones ajustadas a escala de 1 byte. La operación 1407 codifica por longitud de serie las elevaciones ajustadas a escala para generar datos de elevaciones comprimidos para el perfil. La operación 1409 genera un índice para acceder a los datos de elevaciones comprimidos en un archivo indexado. El índice y los datos de elevaciones comprimidos se almacenan en el archivo indexado en la operación 1411.

Las operaciones 1401 a 1411 pueden repetirse para codificar (comprimir) una pluralidad de perfiles de una baldosa DEM y para almacenar los datos de elevaciones comprimidos para los perfiles de la baldosa en un archivo indexado. En una realización, los datos de elevaciones comprimidos para diferentes baldosas de un modelo digital de elevaciones se almacenan en diferentes archivos. Se utiliza un archivo indexado para cada una de las baldosas. Como alternativa, múltiples baldosas de datos de elevaciones comprimidos pueden almacenarse en un archivo indexado, en el que los índices para acceder a cada una de las baldosas se almacenan para accesos rápidos a baldosas individuales. Múltiples baldosas de un DEM que modela una zona geográfica específica pueden organizarse como una zona de un DEM. Un DEM puede presentar una pluralidad de zonas. Normalmente, los datos de elevaciones para las baldosas del DEM se representan en sistemas de coordenadas específicos de la zona.

Cuando están disponibles múltiples DEM de diferentes resoluciones, las baldosas de diferentes DEM se organizan en una jerarquía tal como se describió anteriormente (véase la figura 5). Los archivos indexados almacenan los indicadores que enlazan las baldosas de diferentes niveles en la jerarquía.

Los datos de elevaciones comprimidos e indexados de uno o más modelos digitales de elevaciones forman una base de datos de elevaciones del terreno (TEDB).

La figura 15 muestra un procedimiento para calcular la elevación de una ubicación según una realización de la presente invención. Después de que la operación 1501 recibe primeras coordenadas horizontales de una ubicación medidas en un primer sistema de coordenadas horizontal (por ejemplo, un sistema de coordenadas utilizado por una entidad de determinación de posición), la operación 1503 convierte las primeras coordenadas horizontales de la ubicación en segundas coordenadas horizontales de la ubicación medidas en un segundo sistema de coordenadas horizontal utilizado por una base de datos de elevaciones del terreno (TEDB). Una entidad de determinación de posición típica utiliza un sistema WGS84 para especificar una posición horizontal; y una TEDB almacena normalmente perfiles utilizando sistemas de coordenadas específicos de la zona para diversas zonas, tal como un sistema universal transversal de mercator (UTM), un sistema geográfico (latitud, longitud), un sistema de coordenadas local para una región (por ejemplo, un sistema basado en plano de un estado de Estados Unidos), etc. Por tanto, en la operación 1503 se utiliza una conversión para generar coordenadas que pueden utilizarse para buscar datos de elevaciones en la TEDB cerca de la ubicación especificada por las primeras coordenadas horizontales. La operación 1505 recupera elevaciones de una pluralidad de puntos cerca de la ubicación de la base de datos de elevaciones del terreno. Después de que la operación 1507 interpola las elevaciones de la pluralidad de puntos cerca de la ubicación para calcular una primera elevación de la ubicación medida en un primer sistema de coordenadas vertical utilizado por la base de datos de elevaciones del terreno, la operación 1509 convierte la primera elevación de la ubicación en una segunda elevación de la ubicación medida en un segundo sistema de coordenadas vertical (por ejemplo, un sistema de coordenadas utilizado por una entidad de determinación de posición). Una entidad de determinación de posición típica utiliza un sistema de altura sobre el elipsoide (HAE) para especificar una elevación (altitud); y una TEDB almacena normalmente perfiles utilizando sistemas de coordenadas específicos de la zona para diversas zonas, tal como un sistema de nivel medio del mar (MSL), un sistema de nivel del mar local (SL local), o un sistema de altura sobre el elipsoide. En una realización de la presente invención, la precisión estimada (error estándar) de la elevación del terreno interpolada también se calcula en la operación 1507. La operación 1511 realiza ayuda de altitud utilizando la segunda elevación de la ubicación. Como alternativa, la segunda elevación de la ubicación puede proporcionarse a una entidad de determinación de posición para realizar ayuda de altitud. El cálculo de la segunda elevación para la ayuda de altitud puede ser en la forma de acceso en tiempo real como se ilustra en la figura 3, o en la forma de acceso fuera de línea como se ilustra en la figura 4. Diversos procedimientos de ayuda de altitud, tales como los descritos en la patente estadounidense N° 6.061.018, pueden utilizarse con la presente invención.

En una realización de la invención, la zona del DEM que contiene la ubicación se identifica y recupera con el fin de recuperar las elevaciones para una pluralidad de puntos cerca de la ubicación de la base de datos de elevaciones del terreno. Entonces se identifica y recupera la baldosa del DEM que contiene la ubicación. A partir de la cabecera de la baldosa, se identifican y se accede a los perfiles que contienen puntos cerca de la ubicación. A partir de las cabeceras de los perfiles y la cabecera de la baldosa, se identifican los puntos cerca de la ubicación. Después de descodificar al menos partes de los perfiles comprimidos en la base de datos de elevaciones del terreno, pueden recuperarse las elevaciones de la pluralidad de puntos cerca de la ubicación.

La figura 16 muestra un procedimiento para descodificar una parte de un modelo digital de elevaciones (DEM) para calcular la elevación de una ubicación según una realización de la presente invención. La operación 1601 obtiene un índice para acceder a los datos de elevaciones comprimidos para un perfil en una baldosa DEM. La baldosa DEM puede almacenarse en un archivo mapeado en memoria (MMF), o en RAM, o en un archivo sobre un sistema de archivos de un sistema de procesamiento digital (por ejemplo, sobre una unidad de disco duro, un CD-ROM, o un archivo en red), etc. Por ejemplo, en la figura 10, después de identificar que el perfil n contiene puntos cerca de la ubicación, se obtiene el índice 1019 para el perfil n con el fin de acceder a los datos 1039 comprimidos para el perfil n.

La operación 1602 identifica los puntos que están cerca de la ubicación en el perfil. En una realización de la presente invención, el índice se utiliza para recuperar la cabecera de perfil, a partir de la que se calculan los índices de los puntos de muestra en el perfil, que están cerca de la ubicación. En otra realización, los índices de los puntos de muestra cerca de la ubicación se calculan utilizando la información en la cabecera de baldosa. Como alternativa, el cálculo de los índices de los puntos de muestra cerca de la ubicación puede implicar a tanto la cabecera de baldosa cabecera como a las cabeceras de perfil.

Después de que la operación 1603 recupera los datos de elevaciones comprimidos para el perfil, la operación 1605 descodifica por longitud de serie los datos de elevaciones comprimidos para generar elevaciones ajustadas a escala para los puntos cerca de la ubicación. En general, es necesario descodificar por longitud de serie una parte de un perfil comprimido para obtener las elevaciones ajustadas a escala para los puntos cerca de la ubicación. La operación 1607 ajusta a escala de manera inversa las elevaciones ajustadas a escala para generar elevaciones normalizadas. La operación 1609 invierte la normalización para las elevaciones normalizadas para recuperar las elevaciones para los puntos cerca de la ubicación. La elevación de referencia que se resta de los datos de elevaciones originales en el proceso de descodificación se suma de nuevo a las elevaciones normalizadas para reproducir las elevaciones de los puntos cerca de la ubicación. La operación 1610 calcula la elevación de la ubicación a partir de una interpolación utilizando las elevaciones de los puntos cerca de la ubicación. En una realización de la presente invención, las operaciones 1601 a 1609 se repiten para una pluralidad de perfiles cerca de la ubicación para obtener elevaciones de una pluralidad de puntos en la pluralidad de perfiles antes de que se realice la operación 1610 para calcular la elevación de la ubicación; y se utiliza una interpolación bicuadrática para calcular la elevación de la ubicación.

Puesto que las bases de datos de elevaciones del terreno según diversas realizaciones de la presente invención almacenan los datos de elevaciones en un formato comprimido e indexado, se requiere menos espacio de almacena-

## ES 2 297 776 T3

miento. Por tanto, los datos de elevaciones comprimidos de un modelo digital de elevaciones (DEM) de alta resolución pueden almacenarse en medios de almacenamiento con velocidades de acceso mayores (por ejemplo, RAM o archivo mapeado en memoria) para la ayuda de altitud en tiempo real en el proceso de la determinación de posición en un sistema de posicionamiento híbrido asistido inalámbrico.

5

Aunque la presente invención se ilustra con un ejemplo en el que cada uno de los perfiles contiene datos de elevaciones para puntos de muestra sobre una única línea de exploración, la presente invención también puede aplicarse cuando cada uno de los perfiles contenga datos de elevaciones para puntos de muestra sobre una pluralidad de líneas de exploración.

10

En la memoria descriptiva anterior, se ha descrito la invención con referencia a realizaciones ejemplares específicas de la misma. Será evidente que pueden realizarse diversas modificaciones a las mismas sin apartarse del alcance de la invención como se expone en las siguientes reivindicaciones. La memoria descriptiva y los dibujos, en consecuencia, han de considerarse en un sentido ilustrativo en lugar de en un sentido restrictivo.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## ES 2 297 776 T3

### REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para almacenar datos de elevaciones para determinar la posición de un dispositivo móvil, comprendiendo el procedimiento:
- comprimir datos de elevaciones de una primera parte de un modelo digital de elevaciones “DEM” para generar primeros datos de elevaciones comprimidos;
- 10 almacenar (1411) los primeros datos de elevaciones comprimidos en una ubicación de almacenamiento a la que apunta un primer índice;
- almacenar (1411) el primer índice; y
- 15 permitir la recuperación de los datos de elevaciones almacenados para realizar ayuda (1511) de altitud en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
- 20 almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en la primera parte del modelo digital de elevaciones.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
- 25 almacenar datos que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones.
- 30 4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha compresión de los datos de elevaciones de la primera parte comprende:
- restar una elevación de referencia de los datos de elevaciones (1403) de la primera parte del modelo digital de elevaciones “DEM” para generar datos de elevaciones normalizados; y
- 35 ajustar (1405) a escala los datos de elevaciones normalizados para generar datos de elevaciones ajustados a escala.
5. Un procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicha compresión de los datos de elevaciones de la primera parte comprende además:
- 40 codificación (1407) por longitud de serie de los datos de elevaciones ajustados a escala para generar los primeros datos de elevaciones comprimidos.
- 45 6. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la primera parte es un perfil del modelo digital de elevaciones.
- 50 7. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
- dividir (501) una zona del modelo digital de elevaciones en una pluralidad de baldosas (511, 521, 522, 523, 524);
- y
- 55 almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de baldosas; en el que la primera parte es uno de una pluralidad de perfiles en una de la pluralidad de baldosas.
- 60 8. Un procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además:
- dividir el modelo digital de elevaciones en una pluralidad de zonas; y almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de zonas.
- 65 9. Un medio legible por máquina que contiene instrucciones de programas informáticos ejecutables que cuando se ejecutan mediante un sistema de procesamiento digital configuran dicho sistema para almacenar datos de elevaciones para determinar la posición de un dispositivo móvil, según un procedimiento que comprende las etapas de:

## ES 2 297 776 T3

comprimir datos de elevaciones de una primera parte de un modelo digital de elevaciones “DEM” para generar primeros datos de elevaciones comprimidos;

5 almacenar (1411) los primeros datos de elevaciones comprimidos en una ubicación de almacenamiento a la que apunta un primer índice;

almacenar (1411) el primer índice; y

10 permitir la recuperación de los datos de elevaciones almacenados para realizar ayuda (1511) de altitud en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.

10. Un medio según la reivindicación 9, en el que el procedimiento comprende además:

15 almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en la primera parte del modelo digital de elevaciones.

11. Un medio según la reivindicación 9, en el que el procedimiento comprende además:

20 almacenar datos que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones.

25 12. Un medio según la reivindicación 9, en el que dicha compresión de los datos de elevaciones de la primera parte comprende:

restar (1403) una elevación de referencia de los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones “DEM” para generar datos de elevaciones normalizados; y

30 ajustar (1405) a escala los datos de elevaciones normalizados para generar datos de elevaciones ajustados a escala.

35 13. Un medio según la reivindicación 12, en el que dicha compresión de los datos de elevaciones de la primera parte comprende además:

codificación (1407) por longitud de serie de los datos de elevaciones ajustados a escala para generar los primeros datos de elevaciones comprimidos.

40 14. Un medio según la reivindicación 9, en el que la primera parte es un perfil del modelo digital de elevaciones.

15. Un medio según la reivindicación 9, en el que el procedimiento comprende además:

45 dividir una zona (501) del modelo digital de elevaciones en una pluralidad de baldosas (511, 521, 522, 523, 524);  
y

50 almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de baldosas;  
en el que la primera parte es uno de una pluralidad de perfiles en una de la pluralidad de baldosas.

16. Un medio según la reivindicación 15, en el que el procedimiento comprende además:

55 dividir el modelo digital de elevaciones en una pluralidad de zonas; y

almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de zonas.

60 17. Un sistema de procesamiento digital para almacenar datos de elevaciones para determinar la posición de un dispositivo móvil, comprendiendo el sistema de procesamiento digital:

65 medios para comprimir datos de elevaciones de una primera parte de un modelo digital de elevaciones “DEM” para generar primeros datos de elevaciones comprimidos;

medios para almacenar (1411) los primeros datos de elevaciones comprimidos en una ubicación de almacenamiento a la que apunta un primer índice; medios para almacenar (1411) el primer índice; y

## ES 2 297 776 T3

medios para permitir la recuperación de los datos de elevaciones almacenados para realizar ayuda (1511) de altitud en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.

5 18. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 17, que comprende además:

medios para almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en la primera parte del modelo digital de elevaciones.

10 19. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 17, que comprende además:

medios para almacenar datos que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones.

15 20. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 17, en el que dichos medios para comprimir los datos de elevaciones de la primera parte comprenden:

20 medios para restar (1403) una elevación de referencia de los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones "DEM" para generar datos de elevaciones normalizados; y

medios para ajustar (1405) a escala los datos de elevaciones normalizados para generar datos de elevaciones ajustados a escala.

25 21. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 20, en el que dichos medios para comprimir los datos de elevaciones de la primera parte comprenden además:

30 medios para la codificación (1407) por longitud de serie de los datos de elevaciones ajustados a escala para generar los primeros datos de elevaciones comprimidos.

35 22. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 17, en el que la primera parte es un perfil del modelo digital de elevaciones.

23. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 17, que comprende además:

40 medios para dividir una zona (501) del modelo digital de elevaciones en una pluralidad de baldosas (511, 521, 522, 523, 524); y

medios para almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de baldosas;

45 en el que la primera parte es uno de una pluralidad de perfiles en una de la pluralidad de baldosas.

24. Un sistema de procesamiento digital según la reivindicación 23, que comprende además:

50 medios para dividir el modelo digital de elevaciones en una pluralidad de zonas; y

medios para almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en una de la pluralidad de zonas.

55 25. Un medio legible por máquina que contiene un flujo de datos que representa un modelo digital de elevaciones, produciéndose el flujo de datos mediante un procedimiento que comprende:

60 comprimir datos de elevaciones para determinar la posición de un dispositivo móvil de una primera parte de un modelo digital de elevaciones "DEM" para generar primeros datos de elevaciones comprimidos;

almacenar (1411) los primeros datos de elevaciones comprimidos en una ubicación de almacenamiento a la que apunta un primer índice como parte del flujo de datos;

65 almacenar (1411) el primer índice como parte del flujo de datos; y

los datos de elevaciones almacenados son para su uso al realizar ayuda (1511) de altitud en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.

## ES 2 297 776 T3

26. Un medio según la reivindicación 25, en el que el procedimiento comprende además:

almacenar parámetros requeridos para determinar si una ubicación está o no en la primera parte del modelo digital de elevaciones como parte del flujo de datos.

5

27. Un medio según la reivindicación 25, en el que el procedimiento comprende además:

almacenar datos que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones como parte del flujo de datos.

10

28. Un medio según la reivindicación 25, en el que dicha compresión de los datos de elevaciones de la primera parte comprende:

15

restar (1403) una elevación de referencia de los datos de elevaciones de la primera parte del modelo digital de elevaciones "DEM" para generar datos de elevaciones normalizados; y

ajustar (1405) a escala los datos de elevaciones normalizados para generar datos de elevaciones ajustados a escala.

20

29. Un medio según la reivindicación 28, en el que dicha compresión de los datos de elevaciones de la primera parte comprende además:

25

codificación (1407) por longitud de serie de los datos de elevaciones ajustados a escala para generar los primeros datos de elevaciones comprimidos.

30

35

40

45

50

55

60

65

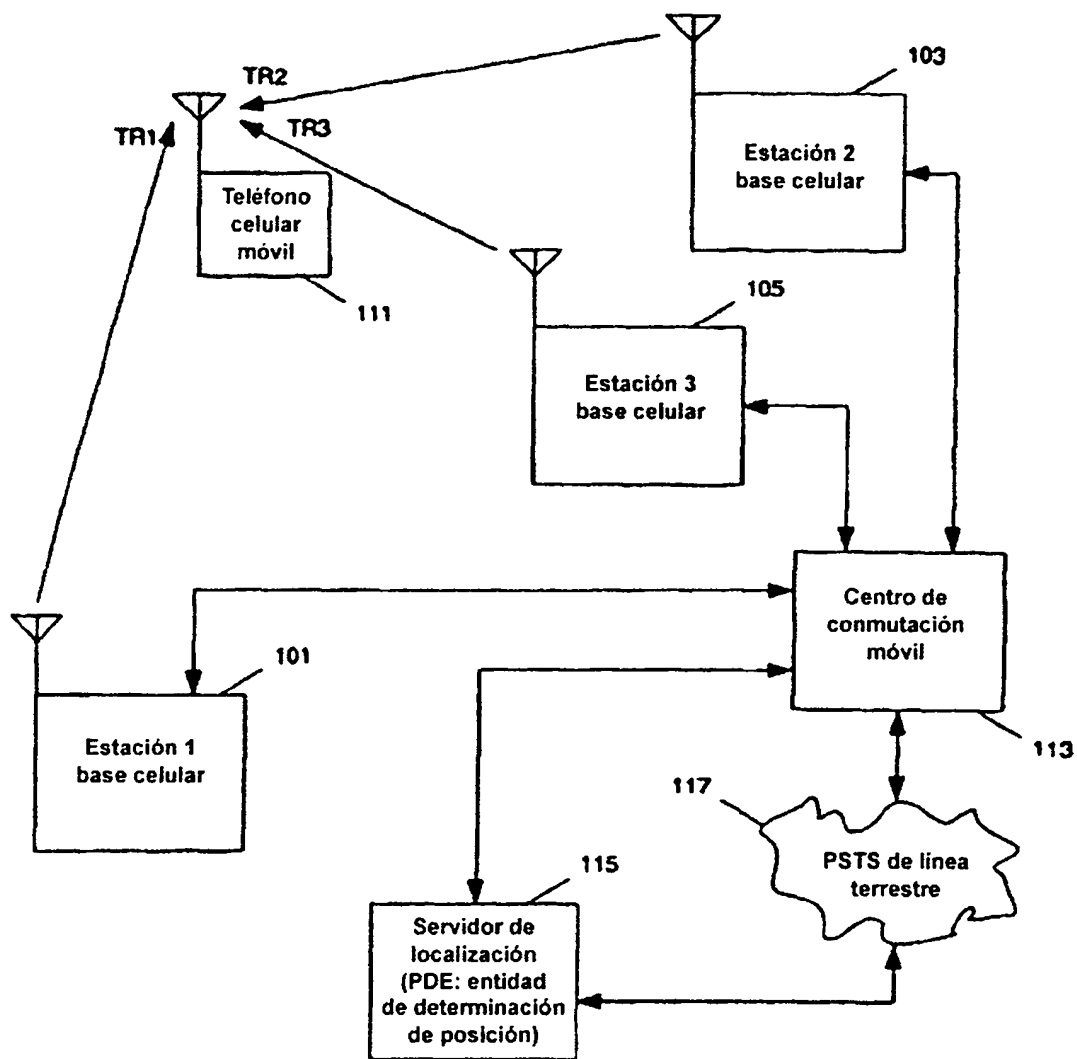


Fig. 1 (Técnica Anterior)

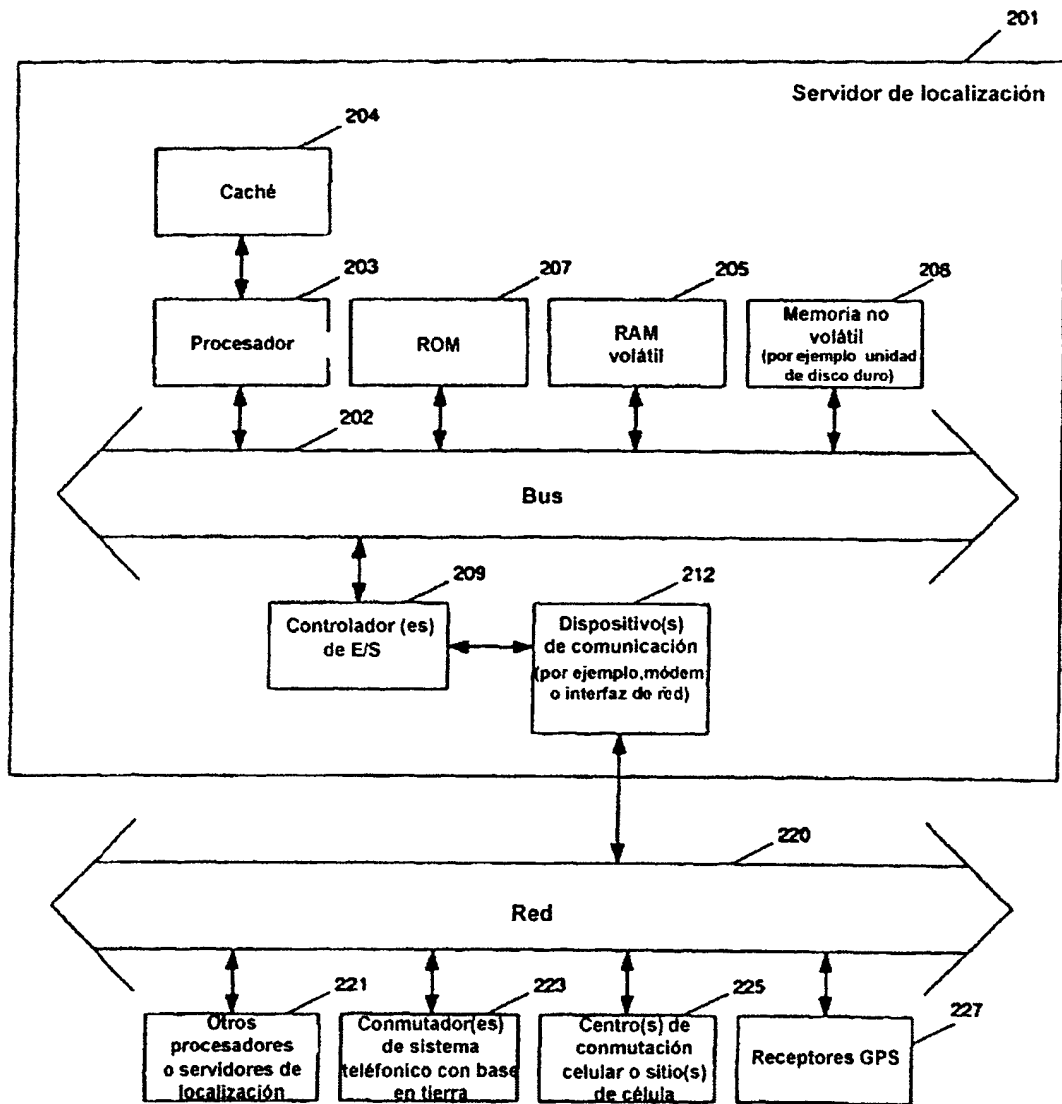


Fig. 2

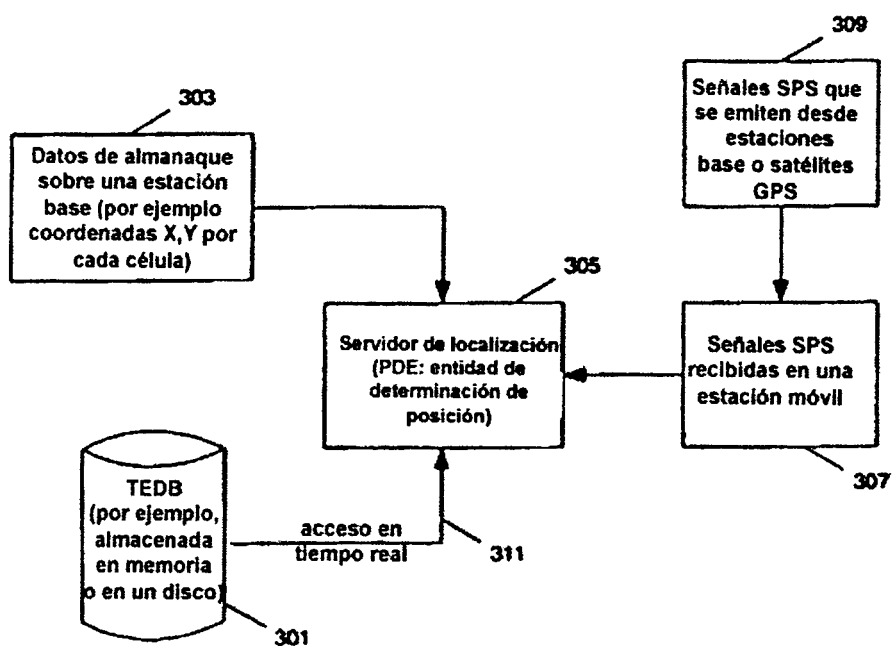


Fig. 3

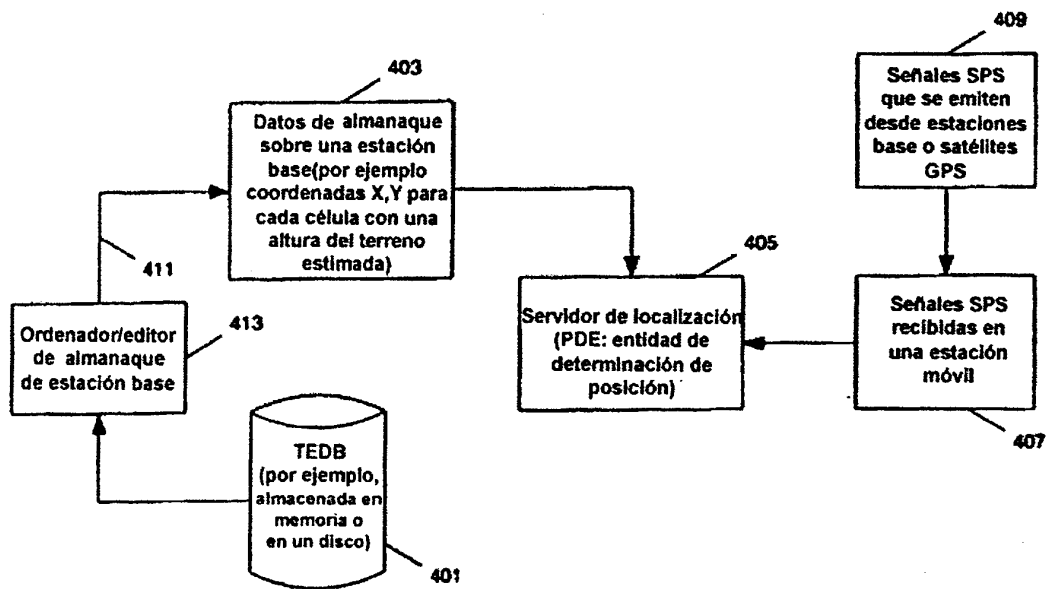


Fig. 4

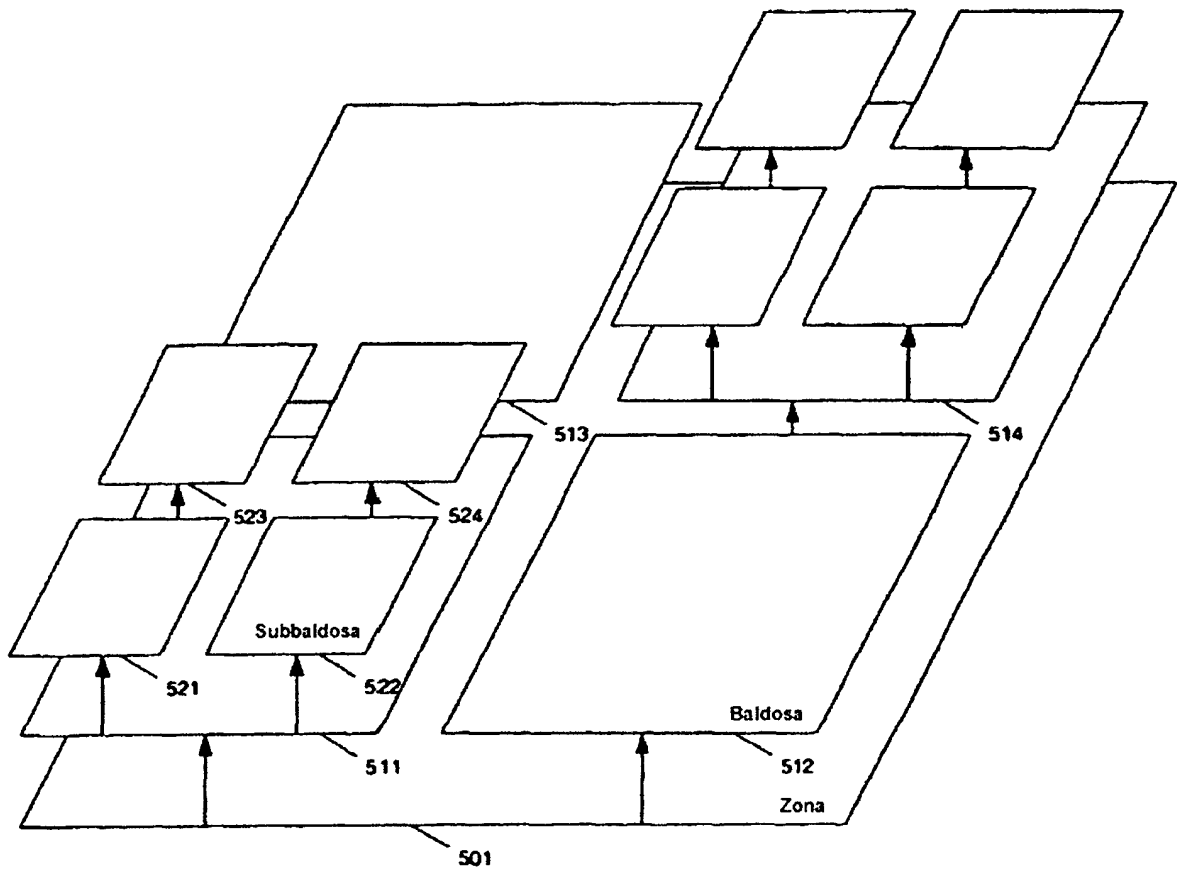


Fig. 5

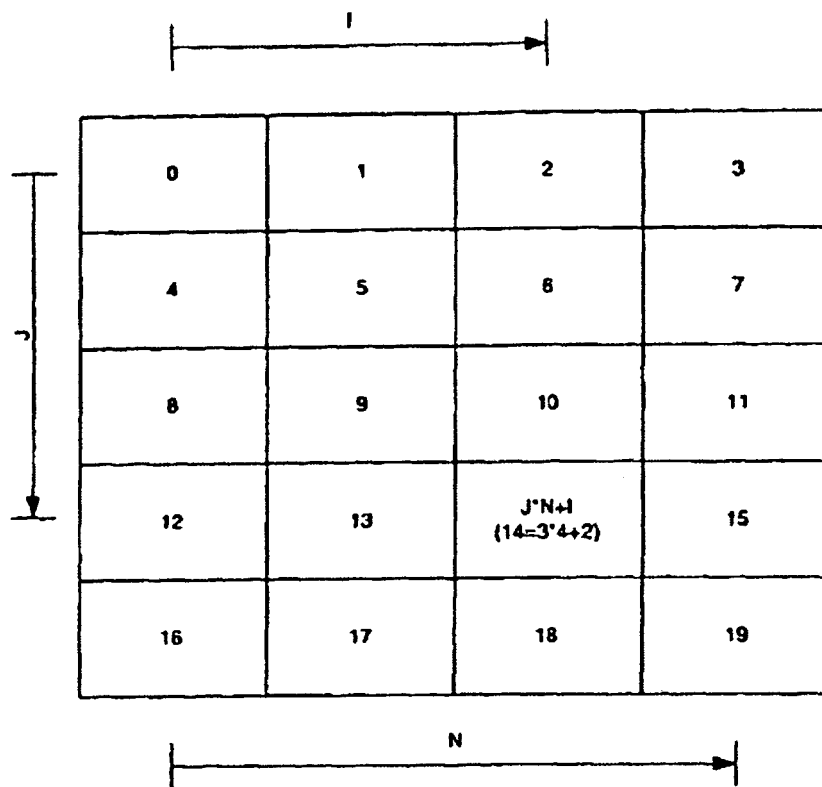


Fig. 6

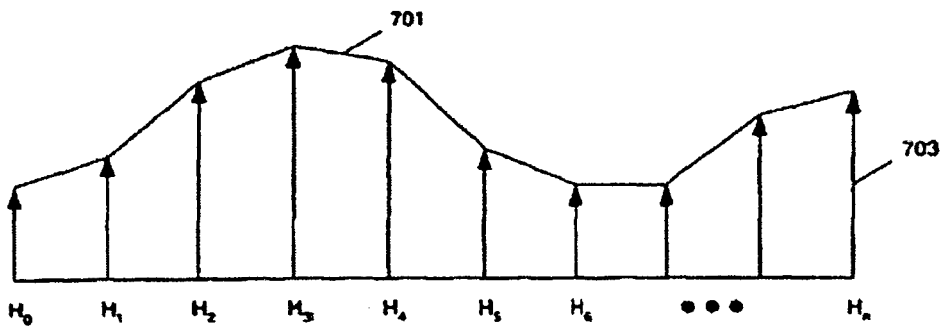


Fig. 7

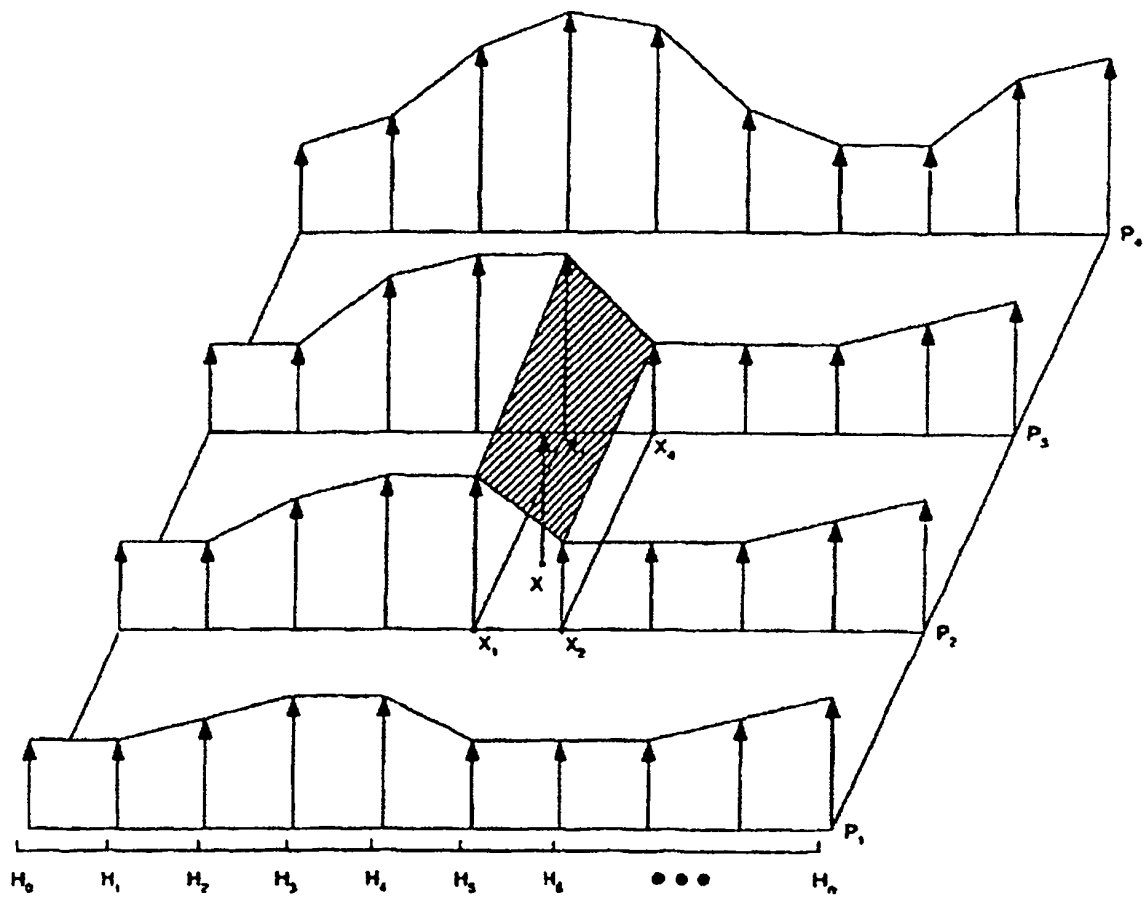


Fig. 8

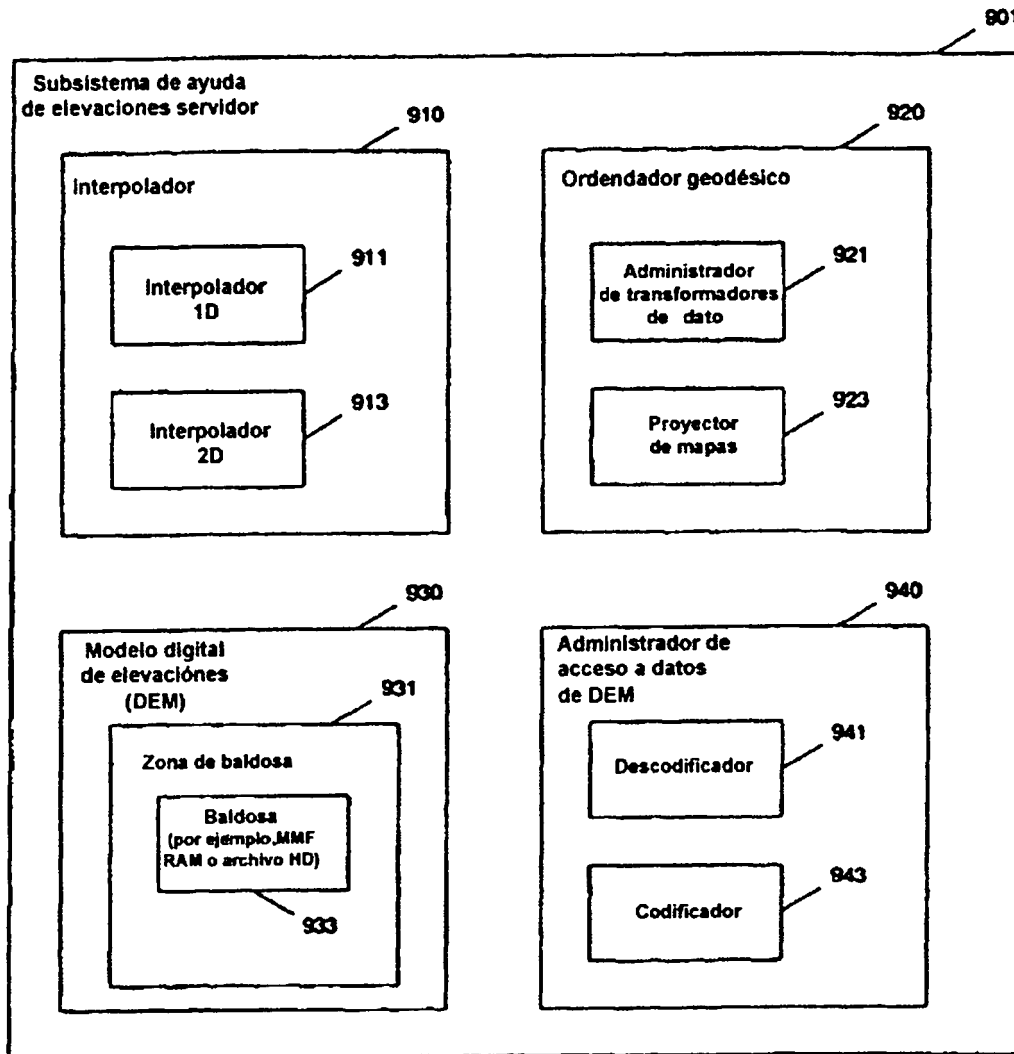


Fig. 9

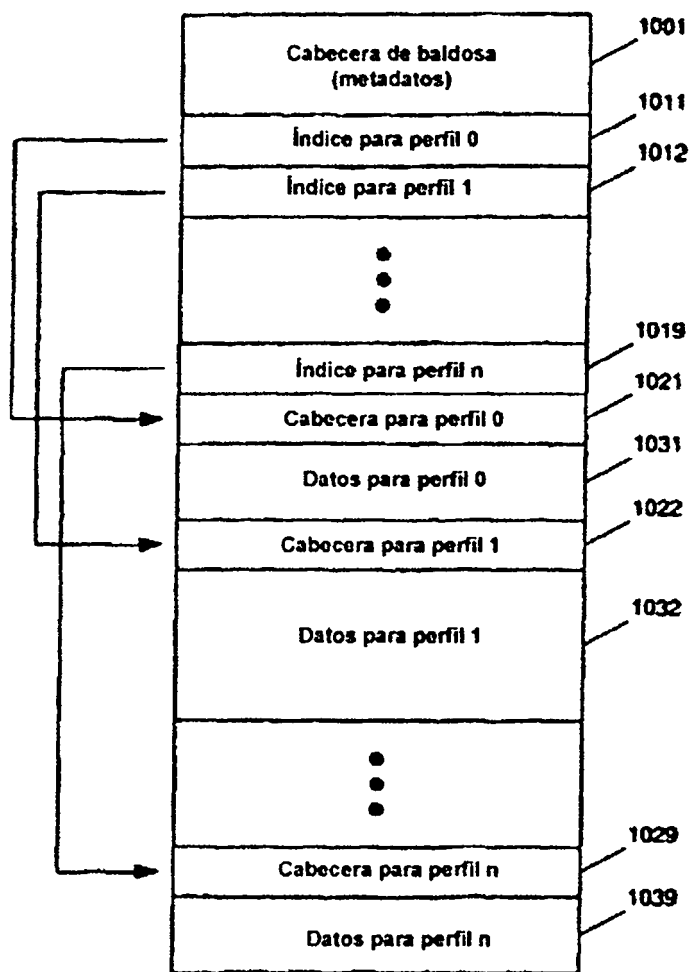


Fig. 10

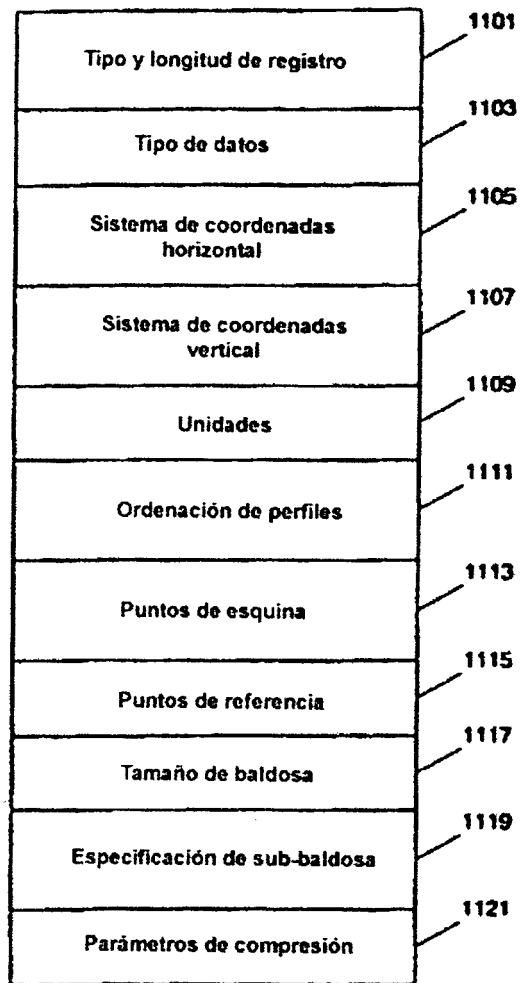


Fig. 11

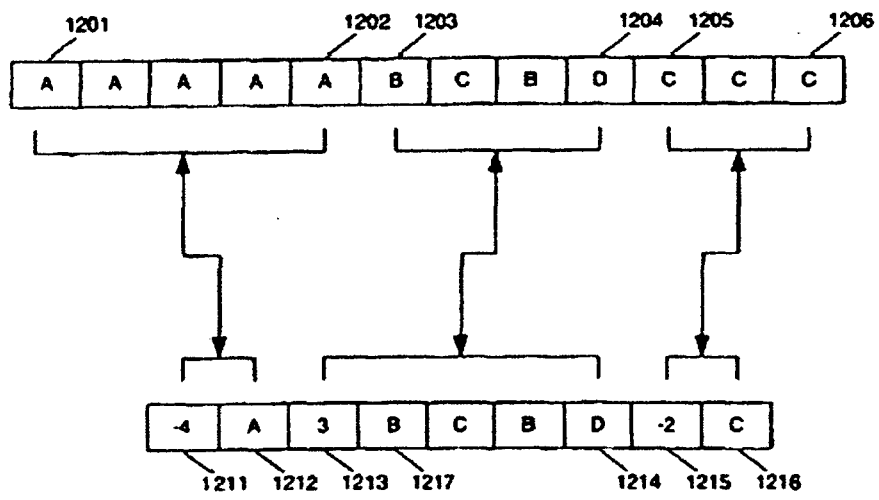


Fig. 12

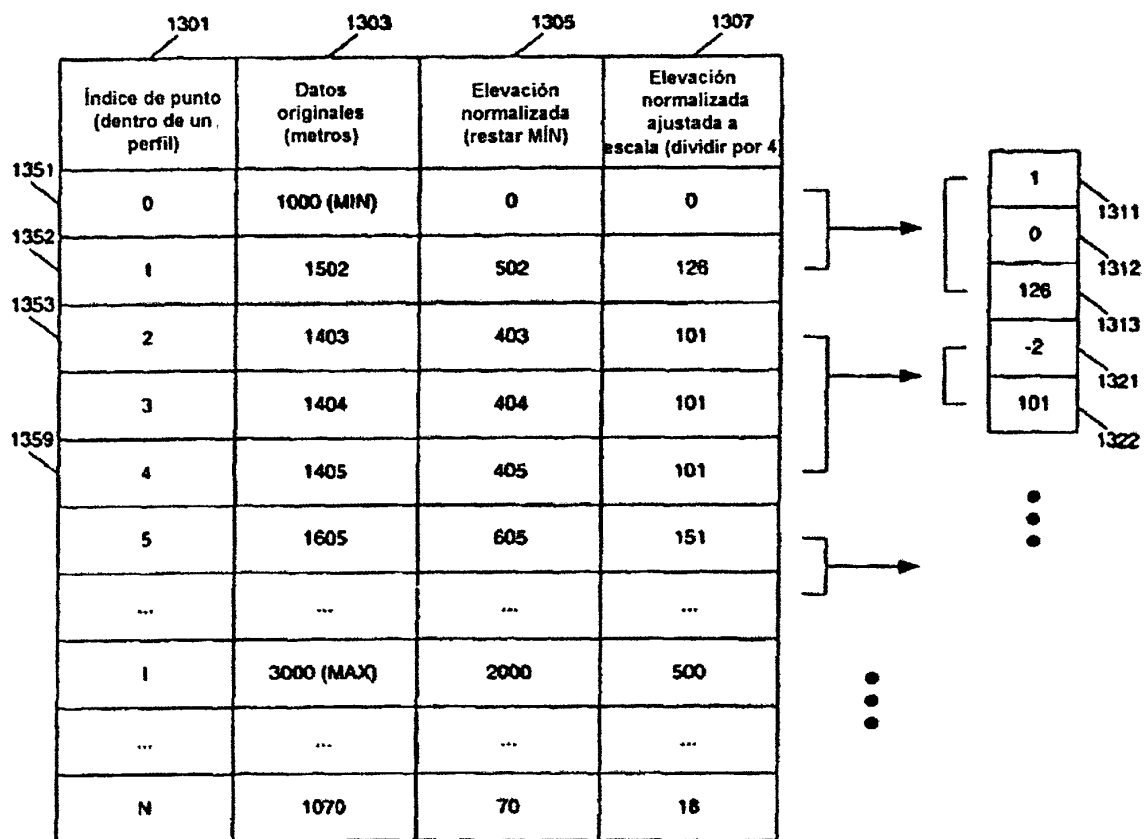


Fig. 13

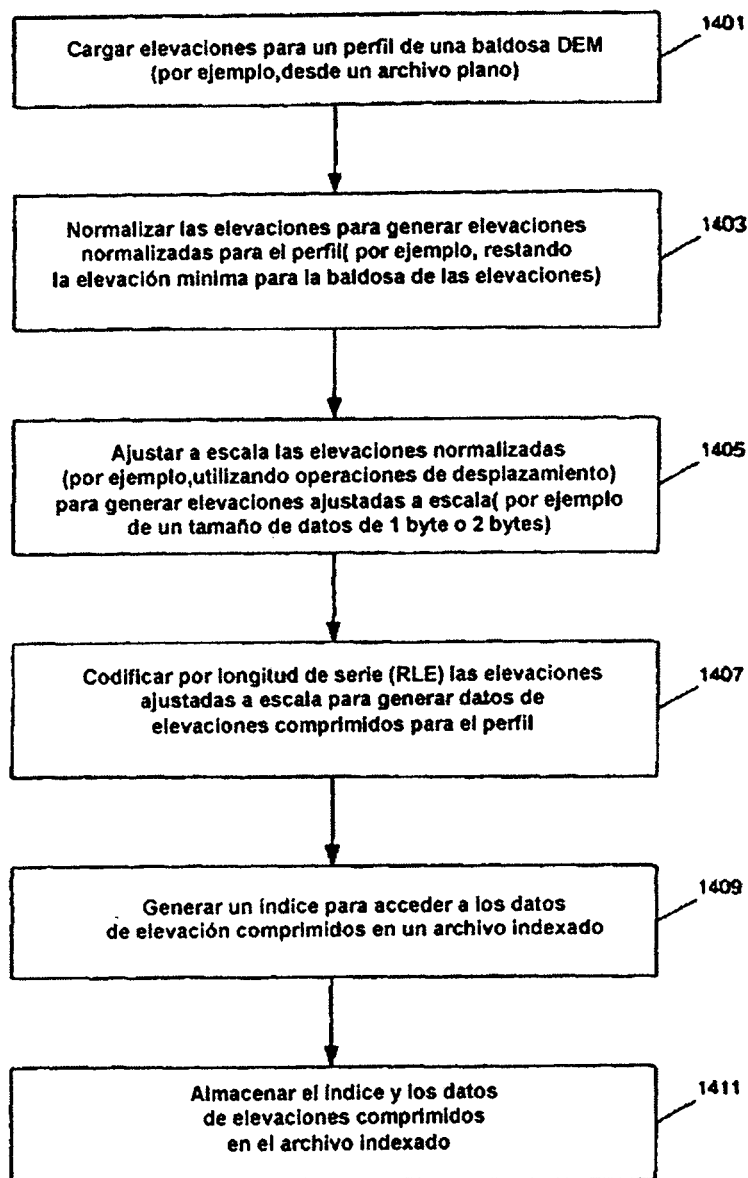


Fig. 14

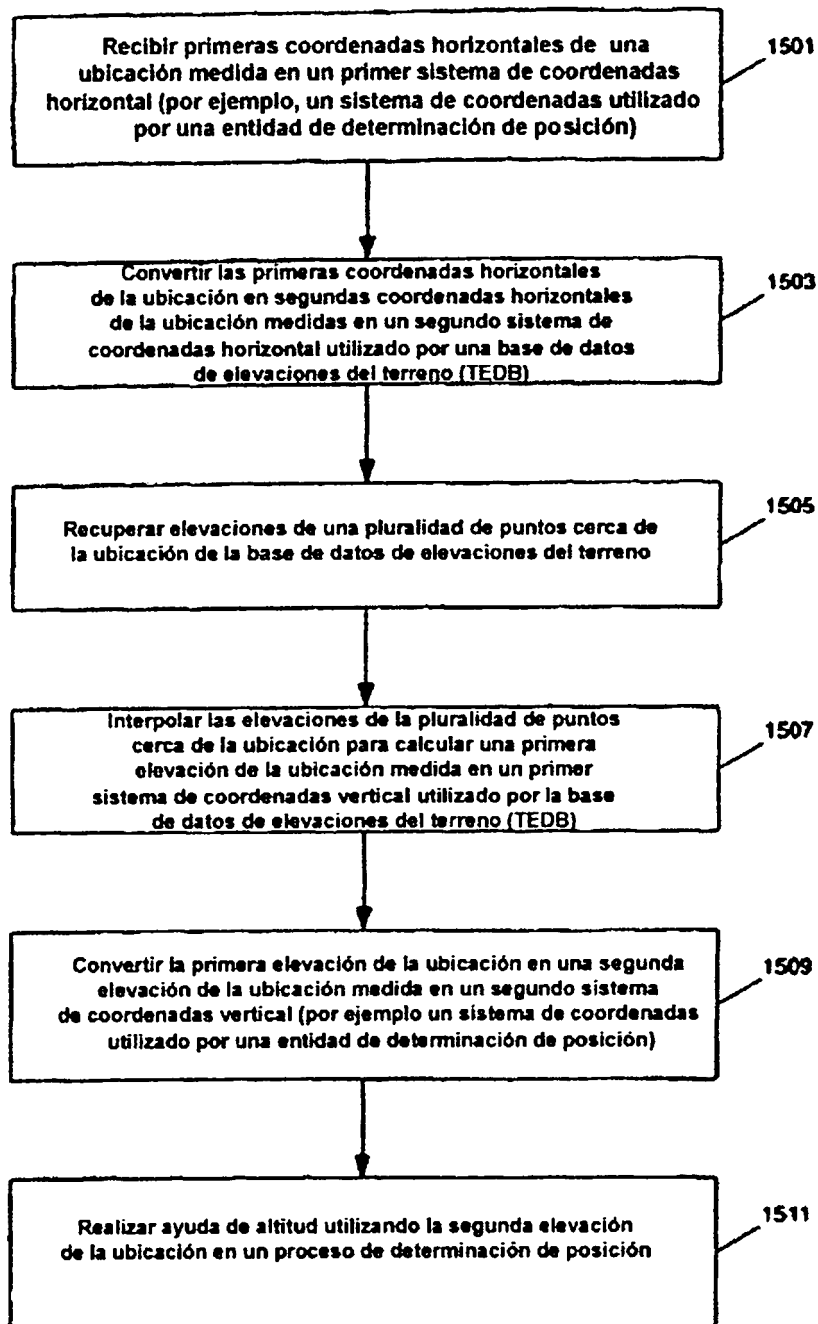


Fig. 15

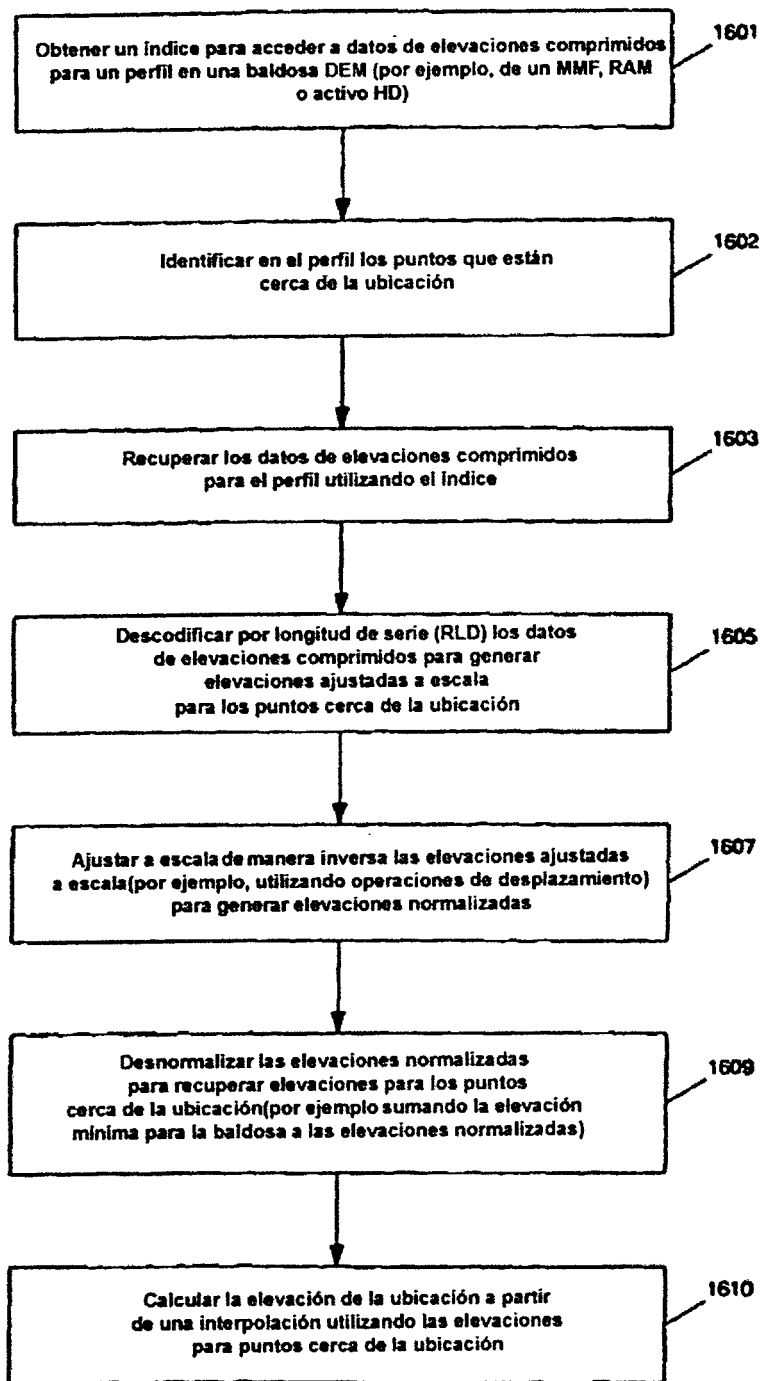


Fig. 16