



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 266 826**

51 Int. Cl.:
H04Q 7/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03734997 .4**

86 Fecha de presentación : **24.01.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1506687**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2005**

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

30 Prioridad: **25.01.2002 US 57189**

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

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2007

72 Inventor/es: **Biacs, Zoltan**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2007

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 266 826 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 de almacenamiento y de extracción rápida de elevaciones de modelo digital de terreno para su utilización en sistemas de posicionamiento.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de posicionamiento híbridos asistidos inalámbricos, y más particularmente al almacenamiento y extracción de elevaciones de modelos digitales del terreno.

Antecedentes de la invención

Para llevar a cabo la determinación de la posición en redes celulares inalámbricas (por ejemplo una red de telefonía móvil), algunas soluciones efectúan una triangulación basándose en la utilización de la información de cronometraje enviada entre cada una de las diversas estaciones base y un dispositivo móvil, tal como un teléfono móvil. Una solución denominada Triangulación avanzada de enlace hacia delante (AFLT) o Diferencia temporal de llegada mejorada (EOTD), mide en el dispositivo móvil los tiempos de llegada de las señales transmitidas desde cada una de las diversas estaciones base. Estos tiempos se transmiten a una entidad de determinación de la posición (PDE) (por ejemplo un servidor de localización), que calcula la posición del dispositivo móvil utilizando estos tiempos de recepción. Los tiempos de reloj de estas estaciones base están coordinadas para que, en un momento determinado, los tiempos de reloj asociados con múltiples estaciones base se encuentren dentro de un límite de error especificado. Las posiciones exactas 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 cual los tiempos de recepción (TR1, TR2 y TR3) de las señales procedentes de las estaciones base celulares 101, 103 y 105 se miden en el teléfono celular móvil 111. Estos datos de cronometraje pueden utilizarse a continuación para calcular la posición del dispositivo móvil. Esta clase de cálculo puede realizarse en el propio dispositivo móvil, o en un servidor de localización si la información de cronometraje así obtenida por el dispositivo móvil se transmite al servidor de localización a través de un enlace de comunicaciones. Normalmente, los tiempos de recepción se comunican al servidor de localización 115 a través de una de las estaciones bases celulares (por ejemplo la estación base 101, ó 103, ó 105). El servidor de localización 115 está conectado para recibir datos de las estaciones base a través del centro de conmutación móvil 113. El centro de conmutación móvil 113 envía señales (por ejemplo comunicaciones de voz) a y desde las líneas terrestres del Sistema Público de Telefonía Conmutada (PSTS) para que las señales puedan transmitirse a y desde el teléfono móvil a otros teléfonos (por ejemplo teléfonos de línea terrestre del PSTS u otros teléfonos móviles). En algunos casos, el servidor de localización también puede comunicar con el centro de conmutación móvil a través de un enlace celular. El servidor de localización también puede monitorizar emisiones desde algunas de las estaciones base en un esfuerzo para determinar el cronometraje relativo de estas emisiones.

En otra solución, denominada Diferencia en el tiempo de llegada (TDOA), se miden en diversas estaciones base los tiempos de recepción de una señal

procedente de un dispositivo móvil. La figura 1 puede aplicarse a este caso si las flechas de TR1, TR2 y TR3 se invierten. A continuación, estos datos de cronometraje pueden comunicarse al servidor de localización para calcular la posición del dispositivo móvil.

Un tercer procedimiento para llevar a cabo la determinación de la posición implica la utilización en el dispositivo móvil de un receptor para el sistema de Satélites de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos u otros Sistemas de Posicionamiento por Satélite (SPS), tales como el sistema ruso Glonass y el sistema europeo Galileo propuesto, o una combinación de satélites y pseudolites. Los pseudolites son transmisores situados en tierra que difunden un código PN (similar a una señal GPS) modulado en una señal portadora de banda L, generalmente sincronizada con el tiempo SPS. Cada transmisor puede tener asignado un código PN único para permitir su identificación por un receptor remoto. Los pseudolites son útiles en las situaciones en las cuales las señales SPS de un satélite en órbita podrían resultar inaccesibles, tales como túneles, minas, edificios u otras zonas cerradas. El término "satélite", tal como se utiliza en la presente memoria, se entiende que comprende los pseudolites o dispositivos equivalentes a los pseudolites, y el término señales de GPS, tal como se utiliza en la presente memoria, se entiende que comprende señales afines a las señales de GPS procedentes de pseudolites o dispositivos equivalentes a los pseudolites. Un procedimiento de esta clase que utiliza un receptor de señales SPS puede ser completamente autónomo o puede utilizar la red celular para proporcionar datos auxiliares o para participar en el cálculo de la posición. Se describen ejemplos de procedimientos de esta clase en las patentes US nº 5.841.396; nº 5.945.944; y 5.812.087. Para abreviar, podemos denominar "SPS" a estos diversos procedimientos. En implementaciones prácticas de bajo coste, tanto el receptor de comunicaciones celulares móviles como el receptor SPS se encuentran integrados en el mismo recinto y, de hecho, pueden compartir la circuitería electrónica común.

Una combinación de AFLT o TDOA con un sistema SPS se denomina un sistema "híbrido".

En otra variación más de los procedimientos anteriores, se encuentra el retardo de ciclo completo (RTD) para señales enviadas desde una estación base al dispositivo móvil y devueltas posteriormente. En un procedimiento similar pero alternativo, se encuentra el retardo de ciclo completo para señales enviadas desde el dispositivo móvil a la estación base y devueltas posteriormente. Cada uno de estos retardos de ciclo completo se divide por dos para determinar una estimación del retardo unidireccional. El conocimiento de la ubicación de la estación base, más un retardo unidireccional, restringe la ubicación del dispositivo móvil a un círculo de la tierra. Con dos de estas mediciones se obtiene la intersección entre dos círculos, lo cual a su vez restringe la ubicación a dos puntos de la tierra. Una tercera medición (incluso un ángulo de llegada o sector celular) resuelve la ambigüedad.

En diversos procedimientos se ha utilizado la ayuda de altitud 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 restringe las posiciones posibles del dispositivo móvil a una superficie de una esfera (o una elipsoide)

con su centro situado en el centro de la tierra. Este conocimiento puede utilizarse para reducir el número de mediciones independientes requerido para determinar la posición del dispositivo móvil. Normalmente, el operador del móvil puede suministrar una altitud estimada, o puede fijarse a una altitud a partir de una solución tridimensional previa, o ajustarse a un valor predeterminado, o derivarse de información cartográfica, como por ejemplo una base de datos topográfica o geodésica, guardada en un servidor de localización.

La patente US nº 6.061.018 describe un procedimiento en el cual se determina una altitud estimada a partir de la información de un objeto celular, que puede ser un sitio celular que presenta un transmisor de sitio celular en comunicación con el dispositivo móvil. La patente US nº 6.061.018 también describe un procedimiento de determinación del estado de las mediciones de los pseudorrangos de una pluralidad de satélites SPS comparando una altitud calculada a partir de las mediciones de pseudorrangos con la altitud estimada.

Algunas veces en la memoria se guarda una tabla de datos de altitud de menor resolución. Normalmente, se guarda información cartográfica de alta resolución, como por ejemplo 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 de elevación digital (DEM) con un espaciamiento de cuadrícula horizontal de 30 arcos segundos (aproximadamente 1 kilómetro) a partir de la U.S. Geological Survey en un conjunto de cinco CD-ROM. Se suministra un archivo de DEM de U.S. Geological Survey (<http://edcdaacusgs.gov/>) en forma de números enteros con signo de 16 bits en un formato de trama binario genérico simple. Existen bytes limitados de cabecera y algunas veces de cola incorporados a los datos de imagen. Los datos están almacenados por orden creciente de líneas (todos los datos de la línea 1, seguidos de todos los datos de la línea 2, etc.).

Algunas veces, un modelo de elevación digital (DEM) también se denomina modelo digital del terreno (DTM).

La patente US nº 5.902.347 describe un dispositivo portátil de navegación, cartografía y posicionamiento que contiene un receptor GPS y una base de datos capaz de almacenar gráficos cartografiados en forma de mapa de bits o de vectores. La patente US nº 6.023.278 describe un sistema de cartografía digital para visualizar datos de terreno tridimensionales utilizando datos de terreno en forma de polígonos.

Sumario de la invención

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

En un aspecto de la invención, un procedimiento para almacenar datos de elevación comprende: compresión de datos de elevación de una primera parte de un modelo de elevación digital (DEM) para generar primeros datos de elevación comprimidos; almacenamiento de los primeros datos de elevación comprimidos en una ubicación de memoria marcada por un primer índice; y almacenamiento del primer índice. En un ejemplo según este aspecto, los datos de elevación de la primera parte se comprimen mediante: sustracción de una elevación de referencia de los datos de elevación de la primera parte del modelo de

elevación digital (DEM) para generar datos de elevación normalizados; escalado de los datos de elevación normalizados para generar datos de elevación escalados; y codificación por longitud de ejecución de los datos de elevación escalados para generar los primeros datos de elevación comprimidos. En un ejemplo, los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en la primera parte del modelo de elevación digital, así como los datos de transformación que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevación de la primera parte del modelo de elevación digital, también se almacenan. En un ejemplo, se divide un modelo de elevación digital en una pluralidad de zonas; una zona del modelo de elevación digital se divide en una pluralidad de baldosas; y los perfiles de cada una de la pluralidad de baldosas de una zona del modelo de elevación digital se comprimen individualmente. Los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en una de una pluralidad de baldosas, así como los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en una zona de la pluralidad de zonas también se almacenan.

En otro aspecto de la invención, un procedimiento para extraer datos de elevación comprende: localización de una primera parte comprimida de un modelo de elevación digital (DEM) utilizando un primer índice; y descompresión de la primera parte comprimida para extraer los primeros datos de elevación para por lo menos un punto de muestra del modelo de elevación digital. El modelo de elevación digital presenta una pluralidad de partes comprimidas que comprende la primera parte comprimida; y los primeros puntos de índice para una ubicación de almacenamiento en la cual se almacena la primera parte comprimida.

En un ejemplo según este aspecto, la primera parte comprimida se descomprime: descodificación por longitud de ejecución de la primera parte comprimida para generar datos de elevación escalados; escalado inverso de los datos de elevación escalados para generar datos de elevación normalizados; y adición de una elevación de referencia a los datos de elevación normalizados para generar los primeros datos de elevación. En un ejemplo según este aspecto, la pluralidad de partes comprimidas se almacena en una de las ubicaciones siguientes: a) un archivo mapeado en memoria (MMF); b) memoria de acceso aleatorio (RAM); y c) un archivo en un sistema de archivos de un sistema de tratamiento digital; y la pluralidad de partes comprimidas son partes de perfiles comprimidos en una baldosa del modelo de elevación digital.

En un ejemplo, para calcular una elevación de una ubicación, se identifica una zona de una pluralidad de zonas de un modelo de elevación digital; una baldosa que contiene la ubicación se identifica entre una pluralidad de baldosas de la zona; se identifica un perfil que se encuentra en la vecindad de la ubicación; y por lo menos una parte del perfil se descomprime para extraer los datos de elevación de por lo menos un punto de muestra. Se identifica una pluralidad de puntos de muestra en la vecindad de la ubicación. Después de extraer las elevaciones de la pluralidad de puntos de muestra del modelo de elevación digital, se calcula la elevación de la ubicación a partir de una interpolación efectuada 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 de elevación digital. Al calcular la elevación de la ubicación, se efectúa una transformación de coordenadas para que la elevación de la ubicación se exprese en un sistema de coordenadas utilizado por una entidad de determinación de la posición. La elevación de la ubicación se suministra a la entidad de determinación de la posición para realizar una ayuda de la altitud en un sistema de posicionamiento. La elevación se suministra en tiempo real como respuesta a una solicitud de la entidad de determinación de la posición en un escenario; y la elevación se suministra para insertar información para los datos de almanaque de la estación base, que son utilizados posteriormente por la entidad de determinación de la posición para la ayuda de altitud en otro escenario.

La presente invención comprende aparatos que llevan a cabo estos procedimientos, incluyendo sistemas de tratamiento de datos que efectúan estos procedimientos y soporte legible informáticamente que cuando se ejecutan en sistemas de tratamiento de datos hacen que el sistema efectúe estos procedimientos.

Otras características de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de los dibujos adjuntos y de la descripción detallada siguiente.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ilustra a título de ejemplo no limitativo en las figuras de los dibujos adjuntos, en los que referencias semejantes representan elementos similares.

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

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 la elevación del terreno (TEDB) para suministrar información de la altitud del terreno en tiempo real durante el proceso de navegación en una entidad de determinación de la posición (PDE) para la ayuda de altitud, según una forma de realización de la presente invención.

La figura 4 muestra un procedimiento para insertar información de la altitud para datos de almanaque de la estación base, la cual información puede utilizarse durante el proceso de navegación en una entidad de determinación de la posición (PDE) para la ayuda de altitud, según una forma de realización de la presente invención.

La figura 5 muestra un procedimiento para organizar modelos de elevación digital según una forma de realización de la presente invención.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Descripción detallada

La siguiente descripción y dibujos son ilustrativos de la invención y no deben considerarse limitativos de la misma. Se describen numerosos detalles específicos para proporcionar una mejor comprensión de la presente invención. No obstante, en algunos casos, no se describen detalles bien conocidos o convencionales para evitar delimitar la comprensión de la descripción de la presente invención.

Por lo menos una forma de realización de la presente invención intenta almacenar de forma eficiente datos de elevación de terreno en una base de datos para utilizar eficazmente los datos de elevación de terreno de la base de datos para obtener la altitud estimada de una ubicación.

La figura 2 muestra un ejemplo de un sistema de tratamiento de datos que puede utilizarse como servidor en diversas formas de realización de la presente invención. Por ejemplo, como se describe en la patente US nº 5.841.396, el servidor puede proporcionar datos de asistencia tales como Doppler u otros datos de asistencia de satélites al receptor GPS de una estación móvil. Adicionalmente, o alternativamente, el servidor de localización puede efectuar el cálculo de la posición final en lugar de hacerlo la estación móvil (después de la recepción de pseudorrangos u otros datos a partir de los cuales pueden determinarse pseudorrangos de la estación móvil) y a continuación puede enviar esta determinación de la posición a la estación base o a algún otro sistema. El sistema de tratamiento de datos, como servidor de localización, normalmente comprende dispositivos de comunicación 212, tales como módems o interfaces de red. El servidor de localización puede estar conectado a diversas redes diferentes a través de dispositivos de comunicación 212 (por ejemplo módems o interfaces de red). Tales redes comprenden el centro de conmutación celular o múltiples centros de conmutación celular 225, los conmutadores del sistema telefónico de base terrestre 223, estaciones base celulares, otras fuentes de señales GPS 277 u otros procesadores de otros servidores de localización 221.

Normalmente se disponen múltiples estaciones base celulares para cubrir un área geográfica con cobertura de radio, y estas diferentes estaciones base es-

tán conectadas a por lo menos un centro de conmutación móvil, como es bien conocido por la técnica anterior (por ejemplo, ver figura 1). Por lo tanto, múltiples estaciones base estarían geográficamente distribuidas, pero conectadas entre sí por un centro de conmutación móvil. La red 220 puede estar conectada a una red de receptores GPS de referencia que proporciona información diferencial de GPS y también puede proporcionar datos efímeros para utilizar en el cálculo de la posición de sistemas móviles. La red está conectada a través de módem o interfaz de comunicaciones al procesador 203. La red 220 puede conectarse a otros ordenadores o componentes de red. También la red 220 puede conectarse a sistemas informáticos accionados por operadores de emergencia, como por ejemplo las Oficinas Públicas de Respuesta de Seguridad que responden a las llamadas al teléfono 911. Se han descrito diversos ejemplos de procedimientos para la utilización de un servidor de localización en numerosas patentes US, incluyendo las patentes US n° 5.841.396; n° 5.874.914; n° 5.812.087 y n° 6.215.442.

El servidor de localización 201, que es una forma de sistema de tratamiento de datos, comprende un bus 202 que está conectado a un microprocesador 203 y a una ROM 207 y a una RAM volátil 205 y a una memoria no volátil 206. El procesador 203 está conectado a la memoria caché 204 como muestra 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 conectado directamente al resto de los componentes del sistema de tratamiento de datos, se apreciará que la presente invención puede utilizar una memoria no volátil en posición remota respecto al sistema, como por ejemplo un dispositivo de almacenamiento de red que está conectado al sistema de tratamiento de datos a través de una interfaz de red tal como un módem o una interfaz Ethernet. El bus 202 puede comprender uno o más buses conectados entre sí a través de diversos puentes, controladores y/o adaptadores, como es bien conocido en la técnica. En diversas situaciones, el servidor de localización puede efectuar operaciones automáticamente, sin asistencia humana. En algunos diseños en los cuales es necesaria la interacción humana, el controlador I/O 209 puede comunicar con pantallas, teclados y otros dispositivos I/O.

Debe tenerse en cuenta, que aunque la figura 2 ilustra diversos componentes de un sistema de tratamiento de datos, no se pretende representar ninguna arquitectura particular o modo de interconexión de los componentes, al no estar tales detalles vinculados con la presente invención. También se apreciará que los ordenadores de red y otros sistemas de tratamiento de datos que presentan menos componentes o quizás más componentes también pueden ser utilizados con la presente invención y pueden actuar como servidor de localización o como PDE.

Mediante esta descripción se pondrá de manifiesto que aspectos de la presente invención pueden presentar, por lo menos en parte, la forma de software. Es decir, las técnicas pueden llevarse a cabo en un sistema de ordenadores u otro sistema de tratamiento de datos como respuesta a la ejecución por su procesador de las secuencias de instrucciones contenidas en la memoria, por ejemplo la memoria ROM 207, la memoria volátil RAM 205, la memoria no volátil 206, la memoria caché 204 o un dispositivo de almace-

namiento remoto. En diversas formas de realización, puede utilizarse circuitería cableada en combinación con instrucciones de software, para poner en práctica la presente invención. Así pues, las técnicas no están limitadas a ninguna combinación específica de circuitería de hardware y software ni a ninguna fuente particular para las instrucciones ejecutadas por el sistema de tratamiento de datos. Además, a través de toda esta descripción, se describen diversas funciones y operaciones como siendo realizadas o causadas mediante código de software para simplificar la descripción. No obstante, los expertos en la materia reconocerán que el significado de estas expresiones es que las funciones son el resultado de la ejecución del código por el procesador, por ejemplo el procesador 203.

En algunas formas de realización, los procedimientos de la presente invención pueden efectuarse en sistemas informáticos que se utilizan simultáneamente para otras funciones, como por ejemplo conmutación celular, servicios de mensajería, etc. En estos casos, alguna parte de todo el hardware de la figura 2 podría compartirse para realizar diversas funciones.

Aunque el almacenamiento o la extracción de datos de elevación del terreno en una base de datos puede realizarse en un servidor de localización, estas operaciones también pueden efectuarse en otros sistemas de tratamiento digitales similares al que ilustra la figura 2.

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

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

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

En el proceso de determinación iterativa de la posición de la estación móvil, pueden extraerse mejores estimaciones de la altitud de la estación móvil a partir de la TEDB 301, cuando el servidor de localización 305 determina coordenadas horizontales más exactas de la estación móvil a partir de los tiempos de llegada (o pseudorrangos).

En otro ejemplo, la posición horizontal determinada a partir de los tiempos de llegada puede utilizarse para extraer una altitud estimada de la estación móvil a partir de la TEDB para determinar el estado de las mediciones de tiempo de llegada (o pseudorrangos)

utilizando los procedimientos descritos en la patente US n° 6.061.018.

Aunque la figura 3 ilustra un ejemplo en el cual los tiempos de llegada se miden en la estación móvil, como por ejemplo en un sistema AFLT, un sistema SPS p un sistema AFLT híbrido, se apreciará que este acceso en tiempo real a la TEDB también puede utilizarse en otros sistemas de posicionamiento, en los cuales los tiempos de llegada se miden en estaciones base, como por ejemplo en un sistema TDOA en el cual 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 insertar una información de altura para datos de almanaque de la estación base, información que puede utilizarse durante el proceso de navegación en una entidad de determinación de la posición (PDE) para ayuda de altitud, según una forma de realización de la presente invención. La base de datos de elevación del terreno (TEDB) 401 almacenada según la presente invención (por ejemplo en la memoria de acceso aleatorio (RAM) o en el disco duro) proporciona acceso en línea 411 para insertar información de altitud en los datos de almanaque conservados en una estación base. En un ejemplo, un módulo de software denominado Editor/Calculador de Almanques de Estaciones Base (413), se utiliza para calcular la altura estimada del terreno para cada sitio celular listado en los datos de almanaque conservados en la estación base. La altura del terreno estimada para cada sitio celular se conserva en la estación base para suministrar ayuda de altitud al servidor de localización 405. No obstante, cuando se utiliza la solución de acceso fuera de línea, el servidor de localización no puede obtener mejores estimaciones de la altitud de la estación móvil una vez que se han determinado estimaciones más exactas 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 de elevación digitales según una forma de realización de la presente invención. La zona 501 de un modelo de elevación digital está cubierta por una pluralidad de baldosas rectangulares (por ejemplo, las baldosas 511, 512, 513 y 514). Por ejemplo, la zona 501 puede ser los Estados Unidos, o Corea, o Japón. Cuando se encuentran disponibles modelos de elevación digitales de resoluciones diferentes para una región determinada, 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 un nivel superior muestra un indicador que indica si existen o no baldosas de niveles inferiores 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 la elevación de una ubicación no puede determinarse a partir de la baldosa de nivel inferior, puede utilizarse la baldosa de nivel superior que contienen la baldosa de nivel inferior para determinar la elevación de la ubicación con menor precisión.

Un esquema jerárquico en cuadrícula de esta clase permite la búsqueda rápida de datos. La zona que contiene la ubicación se identifica como primera. A

continuación se identifica la baldosa de nivel superior que contiene la ubicación. Si se trata de una baldosa de nivel inferior, se accede a la baldosa de nivel inferior que contiene la ubicación. Las baldosas están cortadas por coordenadas a lo largo de las direcciones latitudinal y longitudinal para que la baldosa que contiene una ubicación determinada pueda ser fácilmente identificada a partir de las coordenadas horizontales de la ubicación.

La figura 6 muestra un ejemplo de esquema de numeración de baldosas. Un esquema de esta clase puede utilizarse para mantener la pista de baldosas de nivel inferior dentro de una baldosa de nivel superior o las baldosas dentro de una zona. Formando una cuadrícula rectangular, las baldosas se cuentan por columnas o por filas para indexar las baldosas, de modo que el índice de una baldosa pueda determinarse fácilmente a partir de los índices de su fila y su columna. Los índices de su fila y su columna también pueden determinarse fácilmente a partir del índice de la baldosa. En el ejemplo de la figura 6, las baldosas se cuentan a partir de la esquina superior izquierda (noroeste) de la región por filas. Suponiendo que el índice de columna de una baldosa es 1, el índice de fila de la baldosa es J, y el número de columnas de la cuadrícula es N, el índice de la baldosa es $J*N+1$. Suponiendo que el índice de la baldosa es M, el índice de columna es $1 = \text{mod}(M, N)$; y el índice de fila es $J = (M-1)/N$. Al poder calcularse el índice de columna y el índice de fila de la baldosa que contiene una ubicación determinada a partir de las coordenadas horizontales de la ubicación y la posición de la cuadrícula, la baldosa que contiene la ubicación puede identificarse fácilmente.

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 de elevación digital, las elevaciones de una pluralidad de puntos de muestra forman un perfil. Una interpolación de las elevaciones en los puntos de muestra suministra la elevación para cualquier punto determinado de la línea. Por ejemplo, la altura 703 representa la elevación en el punto H_n ; y la curva 701 representa un modelo de elevación 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 la elevación del terreno para una ubicación a partir de un modelo de elevación digital (DEM) según una forma de 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 de la figura 8 se encuentran dentro de una sola baldosa de DEM. La elevación de una ubicación puede determinarse a partir de las elevaciones de los puntos de muestra cercanos a la ubicación. Por ejemplo, la elevación del punto X de la figura 8 puede determinarse a partir de una interpolación utilizando las elevaciones en los puntos de muestra X_1 , X_2 , X_3 y X_4 . 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 se encuentran en una dirección que no es paralela a las líneas de perfiles). En una forma de realización de la presente invención, se utiliza un esquema de interpolación bicuadrático para determinar la elevación de una ubicación utilizando las elevaciones de los puntos

de muestra cercanos a la ubicación en una baldosa del modelo de elevación digital.

Los datos de perfil de 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 WGS4, un sistema WGS72, un sistema Clarke 1866, o un sistema Bessel 1841) pueden utilizar modelos de elipsoide distintos (por ejemplo ejes semimayores y coeficientes de aplanamiento). Las tablas de puntos de referencia pueden utilizarse para definir transformaciones de diversos sistemas de coordenadas diferentes en un sistema de coordenadas (por ejemplo, la coordenada utilizada por una PDE, como por ejemplo un sistema WGS84).

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

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

El ordenador geodésico 920 contiene un gestor de transformación de puntos de referencia 921 y un proyector de mapas 923. El ordenador geodésico 920 se utiliza para realizar la transformación de las 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 de DEM). Puede utilizarse el procedimiento de transformación analítico común de Molodensky para la transformación de puntos de referencia para Japón; puede utilizarse un procedimiento basado en la interpolación NADCOM para transformar datos USA NAD27 DEM. Cuando el sistema de coordenadas horizontales para la baldosa DEM es un sistema WGS72, puede utilizarse el procedimiento Molodensky o un procedimiento de transformación S de 7 parámetros para efectuar la transformación. El ordenador geodésico 920 también puede utilizar otras transformaciones, como por ejemplo una transformación similar 3D (transformación Bursa-Wolf).

El gestor de DEM 930 contiene la zona de baldosa 931, que a su vez comprende las baldosas del DEM (933). Las baldosas de DEM contienen datos de elevación, almacenados en la RAM o en archivos mapeados en memoria (MMF), o archivos en una unidad de disco (por ejemplo un CD-ROM, un DVD-ROM,

etc.). El gestor de DEM se utiliza para guardar y gestionar la lista jerárquica de archivos.

El gestor de acceso a los datos de DEM 940 contiene un descodificador 941 y un codificador 943 para proporcionar acceso a las baldosas para diversos mecanismos de almacenamiento (por ejemplo disco duro o memoria). El codificador 943 puede transformar un modelo DEM desde un archivo plano a una TEDB comprimida e indexada utilizando un procedimiento descrito a continuación. El descodificador 941 puede descodificar un modelo DEM codificado en una TEDB comprimida e indexada para acceder a datos de elevación de la base de datos.

La figura 10 muestra una representación de datos de una baldosa de un modelo de elevación digital (DEM) según una forma de realización de la presente invención. Según una forma de realización de la presente invención, los datos de diversos perfiles de una baldosa se comprimen utilizando un esquema descrito a continuación. Para guardar los perfiles de una baldosa en un espacio de almacenamiento mostrado en la figura 10, se utiliza una cabecera de baldosa 1001 para especificar los datos comunes (metadatos) para la baldosa, lo cual resulta necesario para interpretar el DEM en la baldosa. Los índices 1011 a 1019 están almacenados después de la cabecera 1001 para indicar las ubicaciones de los puntos de inicio de los datos para diversos perfiles. Por ejemplo, el índice 1012 señala la cabecera 1022 para el perfil 1, que contienen metadatos específicos para interpretar datos de elevación comprimidos 1032 para el perfil 1. Similarmente, el índice 1019 señala la cabecera 1029 para el perfil n. En general, los datos de elevación comprimidos para diversos perfiles requieren espacios de almacenamiento de tamaños diferentes. A partir de las coordenadas horizontales de una ubicación determinada, los perfiles que contienen puntos de muestra cercanos a la ubicación pueden determinarse a partir de la cabecera de la baldosa. Puede accederse a los índices de estos perfiles para determinar la ubicación de las cabeceras de los perfiles y los datos de elevación comprimidos para estos perfiles. Los índices de los puntos de muestra cercanos a la ubicación en los perfiles pueden determinarse a partir de la cabecera de la baldosa (y, en algunas formas de realización, las cabeceras de los perfiles).

La figura 11 muestra una representación de datos de una cabecera para almacenar una parte del modelo de elevación digital (DEM) según una forma de realización de la presente invención. Los datos 1101 contienen el tipo de registro y la longitud de la cabecera. El tipo de registro indica si la cabecera es una cabecera de perfil o una cabecera de baldosa. El ítem 1103 contiene indicadores que muestran el tipo de datos contenidos en esta baldosa, que pueden ser DEM, geoidales, traslaciones de datos longitudinales o latitudinales. El sistema de coordenadas horizontales 1105 especifica el sistema de coordenadas utilizado para representar las posiciones horizontales de los puntos de muestra, que pueden ser un sistema geográfico, un sistema UTM, etc. El sistema de coordenadas verticales 1107 especifica el sistema de coordenadas utilizado para representar las elevaciones de los puntos de muestra, que pueden ser Local SL, MSL o HAE, etc. Las unidades 1190 especifican las unidades utilizadas en la medición de las coordenadas horizontales y las elevaciones. La ordenación de perfiles 1111 especifica la dirección de las 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 de una baldosa. Los puntos angulares 1113 especifican las posiciones de los puntos angulares de la baldosa. El punto de referencia 1115 especifica el valor de referencia de las elevaciones, y la latitud y la longitud de los puntos iniciales de los perfiles. El tamaño de la baldosa 1117 especifica el tamaño de la baldosa en dirección latitudinal y en dirección longitudinal. La especificación subbaldosa 1119 indica el tamaño de las subbaldosas inferiores a la baldosa, si existen. Los parámetros de compresión 1121 comprenden el factor de escalado utilizado para codificar los datos de elevación y un indicador que muestra si los datos de elevación están codificados o no por la longitud de ejecución. Los detalles sobre el factor de escalado y codificación por longitud de ejecución se describen más adelante.

A partir de la descripción anterior, resulta evidente para los expertos en la materia que pueden utilizarse diversas representaciones de datos de cabeceras para cabeceras de baldosas o cabeceras de perfiles. Las cabeceras de baldosas y las cabeceras de perfiles pueden presentar formatos diferentes; una cabecera de baldosa puede presentar más o menos ítems de datos de los que muestra la figura 11; y una cabecera de perfil puede presentar más o menos ítems de datos de los que muestra la figura 11. Por ejemplo, una cabecera de baldosa puede comprender, además, una serie que muestra la fuente del DEM (por ejemplo a partir de un modelo USGS o a partir de un modelo NGS) o información de ordenación de bytes; en cambio, una cabecera de perfil puede no presentar ítems 1105 y 1107 para especificar el sistema de coordenadas, ya que todos los perfiles del interior de una baldosa utilizan el mismo sistema de coordenadas.

La figura 12 muestra un esquema de Codificación por longitud de ejecución que puede utilizarse con la presente invención. Una serie de símbolos (por ejemplo números que representan elevaciones) pueden segmentarse como longitudes de ejecución y secuencias. La longitud de ejecución es una serie repetitiva continua de un símbolo particular. Una secuencia es una serie no repetitiva de símbolos. Por ejemplo, la serie de símbolos entre los símbolos 1201 y 1202 es una longitud de ejecución; y la serie de símbolos entre los símbolos 1203 y 1204 es una secuencia. Una longitud de ejecución puede codificarse como un número que indica el número de repeticiones del símbolo y el propio símbolo. Por ejemplo, la longitud de ejecución entre los símbolos 1201 y 1202 se codifica como número 1211, que es igual al número de repeticiones restado de uno, y el símbolo 1212. Similarmente, una secuencia puede codificarse como un número que indica la longitud de la serie de símbolos no repetitivos y la serie de símbolos no repetitivos. Por ejemplo, la secuencia entre los símbolos 1203 y 1204 está representada por 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). Similarmente, la longitud de ejecución entre los símbolos 1205 y 1206 está codificado como número 1215 y 1216. En el ejemplo de la figura 12, una longitud de ejecución está representado por un número negativo que precede a un símbolo; y una secuencia está representada por un número no negativo que precede a una serie de símbolos. Por lo tanto, los datos codificados entre 1211 y 1216 pueden des-

codificarse para extraer la serie original de símbolos (entre 1201 y 1206) en un proceso de descodificación.

La figura 13 ilustra un ejemplo de codificación de una parte de un modelo de elevación digital (DEM) para almacenamiento según una forma de realización de la presente invención. La columna 1303 representa los datos de elevación originales de un perfil de DEM. El punto de muestra de la fila 1351 contiene el mínimo de elevaciones para este perfil. La columna 1305 representa las elevaciones normalizadas, que se obtienen restando el valor mínimo de los datos originales de la columna 1303. La columna 1307 representa las elevaciones escaladas, que se obtienen dividiendo las elevaciones normalizadas de la columna 1305 por un factor de escalado (cuatro). En una forma de realización de la presente invención, los factores de escalados son tales que la división de enteros puede efectuarse mediante operaciones de desplazamiento de bits durante el proceso de codificación y la multiplicación de enteros puede efectuarse mediante operaciones de desplazamiento de bits durante el proceso de descodificación. En una forma de realización de la presente invención, cuando se miden las elevaciones en la unidad metros, el factor de escalado máximo es 4 (es decir, el bit menos significativo (LSB) de una elevación escalada representa 4 metros); cuando las elevaciones se miden en la unidad pies, el factor máximo de escalado es 16 (es decir, LSB = 16 pies). Después del proceso de normalización y escalado, el intervalo de las elevaciones escaladas puede reducirse para que las elevaciones escaladas puedan ser representadas por enteros que ocupan menos espacio de almacenamiento. En una forma de realización de la presente invención, los datos originales están representados por enteros de 2 bytes. Después del proceso de normalización y escalado, algunos perfiles pueden representarse mediante elevaciones escaladas y normalizadas como enteros de 1 byte. Las elevaciones escaladas y normalizadas de la columna 1307 pueden comprimirse más utilizando un esquema de codificación por longitud de ejecución. Por ejemplo, las elevaciones escaladas entre las columnas 1351 y 1352 pueden codificarse como una secuencia (1311, 1312 y 1313); y las elevaciones escaladas entre las filas 1353 y 1359 pueden codificarse como una longitud de ejecución (1321 y 1322).

La figura 14 muestra un procedimiento para codificar una parte de un modelo de elevación digital (DEM) para almacenamiento según una forma de realización de la presente invención. La operación 1401 carga elevaciones para un perfil de una baldosa de DEM. Normalmente, los datos de elevación se leen en un archivo plano (no indexado) que contienen un modelo de elevación digital de una zona (por ejemplo los Estados Unidos, o el mundo). Esta clase de archivos planos son de gran tamaño. Para almacenar de forma eficiente y acceder al modelo de elevación digital, se utilizan las operaciones 1403 a 1411 para comprimir los datos en uno o más archivos indexados. La operación 1403 genera elevaciones normalizadas para el perfil. Las elevaciones del perfil se normalizan respecto a un valor de referencia. En una forma de realización de la presente invención, las elevaciones normalizadas se generan restando la elevación mínima para la baldosa de DEM de las elevaciones. En otra forma de realización, las elevaciones se normalizan respecto a la elevación mínima del perfil (o elevación media del perfil). La operación 1405 escala las elevaciones

normalizadas para generar elevaciones escaladas. En una forma de realización de la presente invención, las elevaciones escaladas requieren menos espacio de almacenamiento que las elevaciones cargadas desde un archivo plano, ya que el intervalo de datos se reduce después de las operaciones de normalización y escalado. Por ejemplo, los datos de elevación originales para un perfil que está representado por enteros de 2 bytes pueden representarse por elevaciones escaladas de 1 byte. La operación 1407 codifica por longitud de ejecución las elevaciones escaladas para generar datos de elevación comprimidos para el perfil. La operación 1409 genera un índice para acceder a los datos de elevación comprimidos en un archivo indexado. El índice y los datos de elevación 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 de DEM y para almacenar los datos de elevación comprimidos para los perfiles de la baldosa en un archivo indexado. En una forma de realización, los datos de elevación comprimidos para diferentes baldosas de un modelo de elevación digital se almacenan en archivos diferentes. Cada una de las baldosas utiliza un archivo indexado. Alternativamente, pueden almacenarse múltiples baldosas de datos de elevación comprimidos en un archivo indexado, en el cual se guardan índices para acceder a cada una de las baldosas para obtener un rápido acceso a las 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 elevación para las baldosas del DEM se representan en sistemas de coordenadas específicos de zonas.

Cuando se encuentran disponibles múltiples DEM de resoluciones diferentes, las baldosas de los diferentes DEM se organizan en una jerarquía, como se ha descrito anteriormente (ver figura 5). Los archivos indexados guardan los indicadores que enlazan las baldosas de niveles diferentes en la jerarquía.

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

La figura 15 muestra un procedimiento para calcular la elevación de una ubicación según una forma de realización de la presente invención. Después de la operación 1501 de recepción de las primeras coordenadas horizontales de una ubicación medida en un primer sistema de coordenadas horizontales (por ejemplo un sistema de coordenadas utilizado por una entidad de determinación de la posición), la operación 1503 convierte las primeras coordenadas horizontales de la ubicación en segundas coordenadas horizontales de la ubicación medida en un segundo sistema de coordenadas horizontales utilizado por una base de datos de elevación del terreno (TEDB). Una entidad normal de determinación de la posición utiliza un sistema WGS84 para especificar una posición horizontal; y una TEDB normalmente almacena perfiles utilizando sistemas de coordenadas específicos de zonas para diversas zonas, como por ejemplo un sistema universal transversal Mercator (UTM), un sistema geográfico (latitud, longitud), un sistema de coordenadas locales para una región (por ejemplo un sistema basado en planos de los estados US), etc. Por lo tanto, en la

operación 1503 se utiliza una conversión para generar coordenadas que pueden utilizarse para buscar datos de elevación en la TEDB cerca de la ubicación especificada por las primeras coordenadas horizontales. La operación 1505 extrae elevaciones de una pluralidad de puntos cercanos a la ubicación a partir de la base de datos de elevación del terreno. Después de la interpolación, en la operación 1507, de las elevaciones de la pluralidad de puntos cercanos a la ubicación para calcular una primera elevación de la ubicación medida en un primer sistema de coordenadas verticales utilizado por la base de datos de elevación del terreno, en la operación 1509 se convierte la primera elevación de la ubicación en una segunda elevación de la ubicación medida en un segundo sistema de coordenadas verticales (por ejemplo, un sistema de coordenadas utilizado por una entidad de determinación de la posición). Una entidad normal de determinación de la posición utiliza un sistema de altura sobre el elipsoide (HAE) para especificar una elevación (altitud); y un TEDB normalmente almacena perfiles utilizando sistemas de coordenadas específicos de zonas para diversas zonas, como por ejemplo un sistema de nivel medio del mar (MSL), un sistema de nivel local del mar (local SL) o un sistema de altura sobre elipsoide. En una forma de realización de la presente invención, la exactitud 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. Alternativamente, la segunda elevación de la ubicación puede suministrarse a una entidad de determinación de la posición para efectuar la ayuda de altitud. El cálculo de la segunda elevación para la ayuda de altitud puede presentarse en forma de acceso en tiempo real como ilustra la figura 3, o en forma de fuera de línea, como ilustra la figura 4. Con la presente invención pueden utilizarse diversos procedimientos de ayuda de altitud, como por ejemplo los descritos en la patente US nº 6.061.018.

En una forma de realización de la invención, la zona de DEM que contiene la ubicación se identifica y extrae con el fin de extraer elevaciones para una pluralidad de puntos cercanos a la ubicación de la base de datos de elevación del terreno. A continuación, es identificada y extraída la baldosa de DEM que contiene la ubicación. A partir de la cabecera de la baldosa se identifican y se accede a los perfiles que contienen puntos cercanos a la ubicación. A partir de las cabeceras de los perfiles y la cabecera de la baldosa se identifican los puntos cercanos a la ubicación. Después de descodificar por lo menos partes de los perfiles comprimidos en la base de datos de elevación del terreno, pueden extraerse las elevaciones de la pluralidad de puntos cercanos a la ubicación.

La figura 16 muestra un procedimiento para descodificar una parte de un modelo de elevación digital (DEM) para calcular la elevación de una ubicación según una forma de realización de la presente invención. La operación 1601 obtiene un índice para acceder a datos de elevación comprimidos para un perfil en una baldosa de DEM. La baldosa de DEM puede almacenarse en un archivo mapeado en memoria (MMF) o en una RAM, o en un archivo de un sistema de archivo de un sistema de tratamiento digital (por ejemplo en un disco duro, un CD-ROM, o un archivo de red), etc. Por ejemplo, en la figura 10, después de identificar qué perfil n contiene puntos cercanos a la ubicación,

se obtiene el índice 1019 para el perfil n para acceder a los datos comprimidos 1039 para el perfil n.

La operación 1602 identifica los puntos cercanos a la ubicación en el perfil. En una forma de realización de la presente invención, se utiliza el índice para extraer la cabecera del perfil, a partir de la cual se calculan los índices de los puntos de muestra del perfil, que se encuentran cerca de la ubicación. En otra forma de realización, se calculan los índices de los puntos de muestra cercanos a la ubicación utilizando la información de la cabecera. Alternativamente, el cálculo de los índices de los puntos de muestra cercanos a la ubicación puede implicar tanto la cabecera de la baldosa como las cabeceras de los perfiles.

Después de la extracción, en la operación 1603, de los datos de elevación comprimidos para el perfil, en la operación 1605 se descodifican por longitud de ejecución los datos de elevación comprimidos para generar elevaciones escaladas para los puntos cercanos a la ubicación. En general, es necesario descodificar por longitud de ejecución una parte de un perfil comprimido para obtener las elevaciones escaladas para los puntos cercanos a la ubicación. La operación 1607 efectúa el escalado inverso de las elevaciones para generar elevaciones normalizadas. La operación 1609 desnormaliza las elevaciones normalizadas para extraer las elevaciones para los puntos cercanos a la ubicación. La elevación de referencia que se resta de los datos de elevación originales en el proceso de descodificación vuelve a sumarse a las elevaciones normalizadas para reproducir las elevaciones de los puntos cercanos a la ubicación. La operación 1610 calcula la elevación de la ubicación a partir de una interpolación utilizando las elevaciones de los puntos cercanos a la ubicación. En forma de realización de la presente

invención, las operaciones 1601 a 1609 se repiten para una pluralidad de perfiles cercanos a la ubicación para obtener elevaciones de una pluralidad de punto en la pluralidad de perfiles antes de realizar la operación 1610 para calcular la elevación de la ubicación; y se utiliza una interpolación bicuadrática para calcular la elevación de la ubicación.

Al almacenar la base de datos de la elevación del terreno según diversas formas de realización de la presente invención los datos de elevación en un formato comprimido e indexado, se requiere menos espacio de almacenamiento. Por lo tanto, los datos de elevación comprimidos de un modelo de elevación digital (DEM) de alta resolución pueden almacenarse en soporte de almacenamiento con velocidades de acceso mayores (por ejemplo RAM o archivo mapeado en memoria) para ayuda de altitud en tiempo real en el proceso de determinación de la posición en un sistema de posicionamiento híbrido asistido inalámbrico.

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

En la presente memoria, la invención se ha descrito haciendo referencia a ejemplos de formas de realización específicas de la misma. Resulta evidente que pueden introducirse diversas modificaciones en la misma sin apartarse por ello del alcance de la invención tal como se expone en las reivindicaciones siguientes. Por consiguiente, la memoria y los dibujos deben considerarse a título ilustrativo no limitativo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para extraer datos de elevación para la determinación de la posición de un dispositivo móvil, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

localizar una primera parte comprimida de un modelo de elevación digital (DEM) utilizando un primer índice, comprendiendo el modelo de elevación digital una pluralidad de partes comprimidas que comprenden la primera parte comprimida, señalando el primer índice una ubicación de almacenamiento en la que se encuentra almacenada la primera parte comprimida;

descomprimir la primera parte comprimida para extraer los primeros datos de elevación para por lo menos un punto de muestra (X_1 , X_2 , X_3 , X_4) en el modelo de elevación Digital; y

utilizar los datos de elevación para efectuar ayuda de altitud (1511) en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de partes comprimidas se almacenan en uno de los siguientes:

- a) un archivo mapeado en memoria (MMF);
- b) memoria de acceso aleatorio (RAM); y
- c) un archivo en un sistema de archivo en un sistema de tratamiento digital.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la pluralidad de partes comprimidas son partes de perfiles comprimidos (P_1 , P_2 , P_3 , P_4) en una primera baldosa (511) del modelo de elevación digital.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, que comprende además las etapas siguientes:

identificar la primera baldosa (511) conteniendo la primera baldosa una primera ubicación, siendo una de una pluralidad de baldosas en una zona del modelo de elevación digital; y

identificar un primer perfil (P_1) que se encuentra en la vecindad de la primera ubicación, siendo la primera parte comprimida una parte del primer perfil.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además la etapa siguiente:

identificar la zona (501), conteniendo la zona la primera ubicación, y siendo una de una pluralidad de zonas del modelo de elevación digital.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha descompresión de la primera parte comprimida comprende las etapas siguientes:

descodificar por longitud de ejecución (1605) la primera parte comprimida para generar datos de elevación escalados;

codificación inversa (1607) de los datos de elevación escalados para generar datos de elevación normalizados; y

añadir una elevación de referencia a los datos de elevación normalizados (1609) para generar los primeros datos de elevación.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además las etapas siguientes:

identificar (1602) una pluralidad de puntos de muestra en la vecindad de una primera ubicación;

extraer elevaciones (1603) de la pluralidad de puntos de muestra del modelo de elevación digital; y

calcular una elevación (1610) de la primera ubicación a partir de una interpolación utilizando las elevaciones de la pluralidad de puntos de muestra.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además la etapa siguiente:

realizar una transformación de coordenadas (1503) para expresar una posición horizontal de la primera ubicación en un sistema de coordenadas utilizado por el modelo de elevación digital.

9. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además las etapas siguientes:

suministrar la elevación de la primera ubicación a una entidad de determinación de la posición (1511) para efectuar ayuda de altitud en un sistema de posicionamiento.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que dicho cálculo de la elevación de la primera ubicación comprende la etapa siguiente:

realizar una transformación de coordenadas (1509) para que la elevación de la primera ubicación se exprese en un sistema de coordenadas utilizado por la entidad de determinación de la posición.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera parte comprimida se almacena según un procedimiento que comprende las etapas siguientes:

comprimir los datos de elevación de una primera parte del modelo de elevación digital (DEM) para generar primeros datos de elevación comprimidos;

almacenar (1411) los primeros datos de elevación comprimidos en una ubicación de almacenamiento señalada por un primer índice; y

almacenar (1411) el primer índice.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además la etapa siguiente:

almacenar los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en la primera parte del modelo de elevación digital.

13. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además la etapa siguiente:

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

14. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicha compresión de los datos de elevación de la primera parte comprende las etapas siguientes:

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

escalar (1405) los datos de elevación normalizados para generar datos de elevación escalados.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que dicha compresión de los datos de elevación de la primera parte comprende además la etapa siguiente:

codificar por longitud de ejecución (1407) los datos de elevación escalados para generar los primeros datos de elevación comprimidos.

16. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la primera parte es un perfil del modelo de elevación digital.

17. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además las etapas siguientes:

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

almacenar los parámetros requeridos para determinar si una ubicación es o no una de la pluralidad de baldosas;

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

18. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende además las etapas siguientes:

dividir el modelo de elevación digital en una pluralidad de zonas; y

almacenar los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en una de una pluralidad de zonas.

19. Soporte legible por máquina que contiene instrucciones de programa informático ejecutable que cuando son ejecutadas por un sistema de tratamiento digital configuran dicho sistema para extraer datos de elevación para determinar la posición de un dispositivo móvil según un procedimiento que comprende las etapas siguientes:

localizar una primera parte comprimida de un modelo de elevación digital (DEM) utilizando un primer índice, comprendiendo el modelo de elevación digital una pluralidad de partes comprimidas que incluyen la primera parte comprimida, señalando el primer índice una ubicación de almacenamiento en la que se encuentra almacenada la primera parte comprimida;

descomprimir la primera parte comprimida para extraer los primeros datos de elevación para por lo menos un punto de muestra (X_1 , X_2 , X_3 , X_4) en el modelo de elevación Digital; y

utilizar los datos de elevación para efectuar ayuda de altitud (1511) en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.

20. Soporte según la reivindicación 19, en el que la pluralidad de partes comprimidas se almacena en uno de los siguientes:

- a) un archivo mapeado en memoria (MMF);
- b) memoria de acceso aleatorio (RAM); y
- c) un archivo en un sistema de archivo en un sistema de tratamiento digital.

21. Soporte según la reivindicación 20, en el que la pluralidad de partes comprimidas son partes de perfiles comprimidos en una primera baldosa del modelo de elevación digital.

22. Soporte según la reivindicación 21, en el que el procedimiento comprende además las etapas siguientes:

identificar la primera baldosa (511), conteniendo la primera baldosa una primera ubicación, siendo una de una pluralidad de baldosas en una zona del modelo de elevación digital; y

identificar un primer perfil (P_1) que se encuentra en la vecindad de la primera ubicación, siendo la primera parte comprimida una parte del primer perfil.

23. Soporte según la reivindicación 22, en el que el procedimiento comprende además la etapa siguiente:

identificar la zona (501), conteniendo la zona la primera ubicación, y siendo una de una pluralidad de zonas del modelo de elevación digital.

24. Soporte según la reivindicación 19, en el que dicha descompresión de la primera parte comprimida comprende las etapas siguientes:

descodificar por longitud de ejecución (1605) la primera parte comprimida para generar datos de elevación escalados;

codificación inversa (1607) de los datos de elevación escalados para generar datos de elevación normalizados; y

añadir una elevación de referencia a los datos de elevación normalizados (1609) para generar los primeros datos de elevación.

25. Soporte según la reivindicación 19, en el que el procedimiento comprende además las etapas siguientes:

identificar (1602) una pluralidad de puntos de muestra en la vecindad de una primera ubicación;

extraer elevaciones (1603) de la pluralidad de puntos de muestra del modelo de elevación digital; y

calcular una elevación (1610) de la primera ubicación a partir de una interpolación utilizando las elevaciones de la pluralidad de puntos de muestra.

26. Soporte según la reivindicación 25, en el que el procedimiento comprende además la etapa siguiente:

realizar una transformación de coordenadas (1503) para expresar una posición horizontal de la primera ubicación en un sistema de coordenadas utilizado por el modelo de elevación digital.

27. Soporte según la reivindicación 25, en el que el procedimiento comprende además la etapa siguiente:

proporcionar la elevación (1511) de la primera ubicación a una entidad de determinación de la posición para efectuar ayuda de altitud en un sistema de posicionamiento.

28. Soporte según la reivindicación 27, en el que dicho cálculo de la elevación de la primera ubicación comprende la etapa siguiente:

realizar una transformación de coordenadas (1509) para que la elevación de la primera ubicación se exprese en un sistema de coordenadas utilizado por la entidad de determinación de la posición.

29. Soporte legible por máquina según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 28, que comprende además instrucciones de programa informático ejecutable que cuando son ejecutadas por un sistema de tratamiento digital configuran dicho sistema para almacenar la primera parte comprimida según un procedimiento que comprende las etapas siguientes:

comprimir los datos de elevación de una primera parte del modelo de elevación digital (DEM) para generar los primeros datos de elevación comprimidos;

almacenar (1411) los primeros datos de elevación comprimidos en una ubicación de almacenamiento señalada por un primer índice; y

almacenar (1411) el primer índice.

30. Soporte según la reivindicación 29, en el que el procedimiento comprende además la etapa siguiente:

almacenar los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en la primera parte del modelo de elevación digital.

31. Soporte según la reivindicación 29, en el que el procedimiento comprende además la etapa siguiente:

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

32. Soporte según la reivindicación 29, en el que dicha compresión de los datos de elevación de la primera parte comprende las etapas siguientes:

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

escalar (1405) los datos de elevación normalizados para generar datos de elevación escalados.

33. Soporte según la reivindicación 32, en el que dicha compresión de los datos de elevación de la primera parte comprende además la etapa siguiente:

codificar por longitud de ejecución (1407) los datos de elevación escalados para generar los primeros datos de elevación comprimidos.

34. Soporte según la reivindicación 29, en el que la primera parte es un perfil del modelo de elevación digital.

35. Soporte según la reivindicación 29, en el que el procedimiento comprende además las etapas siguientes:

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

almacenar los parámetros requeridos para determinar si una ubicación es o no una de la pluralidad de baldosas;

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

36. Soporte según la reivindicación 35, en el que el procedimiento comprende además las etapas siguientes:

dividir el modelo de elevación digital en una pluralidad de zonas; y

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

37. Sistema de tratamiento digital configurado para extraer datos de elevación para determinar la posición de un dispositivo móvil, comprendiendo el sistema de tratamiento digital:

medios para la localización de una primera parte comprimida de un modelo de elevación digital (DEM) utilizando un primer índice, comprendiendo el modelo de elevación digital una pluralidad de partes comprimidas que comprenden la primera parte comprimida, señalando el primer índice una ubicación de almacenamiento en la que se encuentra almacenada la primera parte comprimida;

medios para la descompresión de la primera parte comprimida para extraer los primeros datos de elevación para por lo menos un punto de muestra (X_1 , X_2 , X_3 , X_4) en el modelo de elevación Digital; y

medios para la utilización de los datos de elevación para efectuar ayuda de altitud en un sistema de posicionamiento asociado con el dispositivo móvil.

38. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 37, en el que la pluralidad de partes comprimidas se almacenan en uno de siguientes:

- a) un archivo mapeado en memoria (MMF);
- b) memoria de acceso aleatorio (RAM); y
- c) un archivo en un sistema de archivo en un sistema de tratamiento digital.

39. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 38, en el que la pluralidad de partes comprimidas son partes de perfiles comprimidos en una primera baldosa del modelo de elevación digital.

40. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 39, que comprende además:

medios para la identificación de la primera baldosa (511), conteniendo la primera baldosa una primera ubicación y, siendo una de una pluralidad de baldosas en una zona del modelo de elevación digital; y

medios para la identificación de un primer perfil (P_1) que se encuentra en la vecindad de la primera ubicación, siendo la primera parte comprimida una parte del primer perfil.

41. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 40, que comprende además:

medios para la identificación de la zona (501), conteniendo la zona la primera ubicación, y siendo una de una pluralidad de zonas del modelo de elevación digital.

42. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 37, en el que dichos medios para la descompresión de la primera parte comprimida comprenden:

medios para la descodificación por longitud de ejecución (1605) de la primera parte comprimida para generar datos de elevación escalados;

medios para la codificación inversa (1607) de los datos de elevación escalados para generar datos de elevación normalizados; y

medios para la adición (1609) de una elevación de referencia a los datos de elevación normalizados para generar los primeros datos de elevación.

43. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 37, que comprende además:

medios para la identificación (1602) de una pluralidad de puntos de muestra en la vecindad de una primera ubicación;

medios para la extracción de elevaciones (1603) de la pluralidad de puntos de muestra del modelo de elevación digital; y

medios para el cálculo de una elevación (1610) de la primera ubicación a partir de una interpolación utilizando las elevaciones de la pluralidad de puntos de muestra.

44. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 43, que comprende además:

medios para la realización de una transformación de coordenadas (1503) para expresar una posición horizontal de la primera ubicación en un sistema de coordenadas utilizado por el modelo de elevación digital.

45. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 43, que comprende además:

medios para proporcionar la elevación de la primera ubicación (1511) a una entidad de determinación de la posición para efectuar ayuda de altitud en un sistema de posicionamiento.

46. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 45, en el que dichos medios para calcular la elevación de la primera ubicación comprenden:

medios para la realización de una transformación de coordenadas (1509) de manera que la elevación de la primera ubicación se exprese en un sistema de coordenadas utilizado por la entidad de determinación de la posición.

47. Sistema de tratamiento digital según cualquiera de las reivindicaciones 37 a 46, que comprende además medios para almacenar la primera parte comprimida, comprendiendo los medios de almacenamiento:

medios para la compresión de los datos de elevación de una primera parte del modelo de elevación digital (DEM) para generar los primeros datos de elevación comprimidos;

medios para el almacenamiento (1411) de los primeros datos de elevación comprimidos en una ubicación de almacenamiento señalada por un primer índice; y

medios para el almacenamiento (1411) del primer índice.

48. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 47, que comprende además:

medios para el almacenamiento de los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en la primera parte del modelo de elevación digital.

49. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 47, que comprende además:

medios para el almacenamiento de datos que especifican un sistema de coordenadas utilizado para representar los datos de elevación de la primera parte del modelo de elevación digital.

50. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 47, en el que dichos medios para la compresión de los datos de elevación de la primera parte comprenden:

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

medios para el escalado (1405) de los datos de elevación normalizados para generar datos de elevación escalados.

51. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 50, en el que dichos medios para la com-

presión de los datos de elevación de la primera parte comprenden además:

medios para la codificación por longitud de ejecución (1407) de los datos de elevación escalados para generar los primeros datos de elevación comprimidos.

52. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 47, en el que la primera parte es un perfil del modelo de elevación digital.

53. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 47, que comprende además las etapas siguientes:

medios para la división de una zona (501) del modelo de elevación digital en una pluralidad de baldosas (511, 521, 522, 523, 524); y

medios para el almacenamiento de los parámetros requeridos para determinar si una ubicación es o no una de la pluralidad de baldosas;

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

54. Sistema de tratamiento digital según la reivindicación 53, que comprende además:

medios para la división del modelo de elevación digital en una pluralidad de zonas; y

medios para el almacenamiento de los parámetros requeridos para determinar si una ubicación se encuentra o no en una de la pluralidad de zonas.

30

35

40

45

50

55

60

65

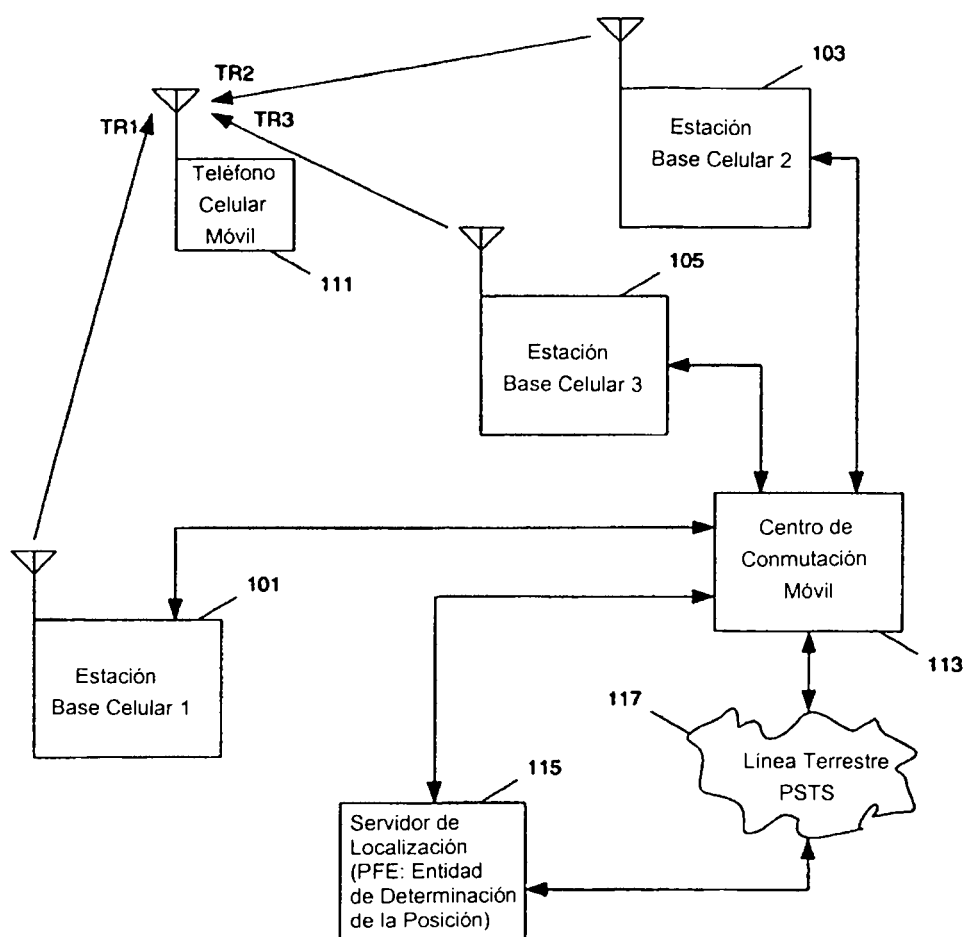


Fig. 1 (Técnica Anterior)

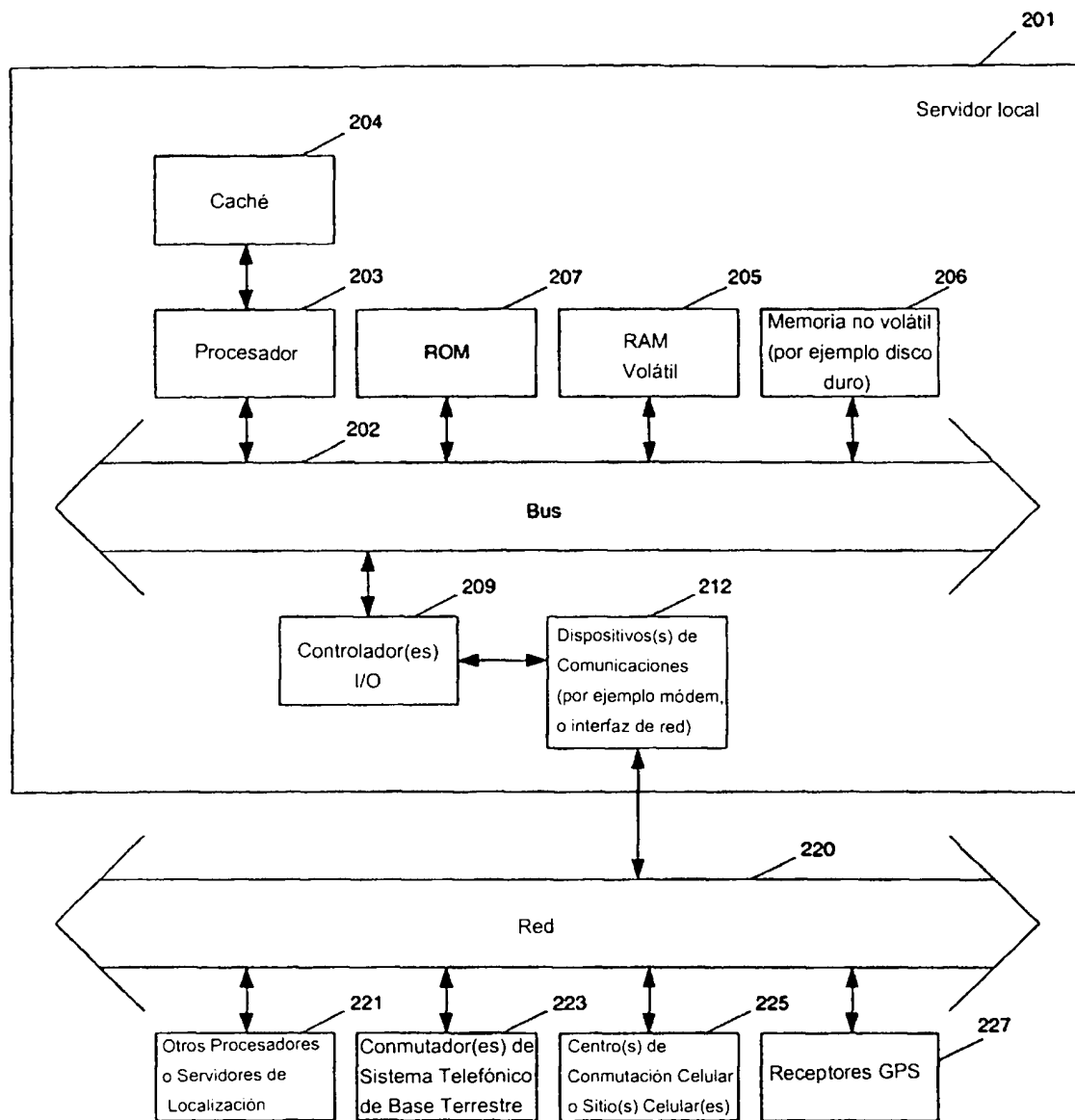


Fig. 2

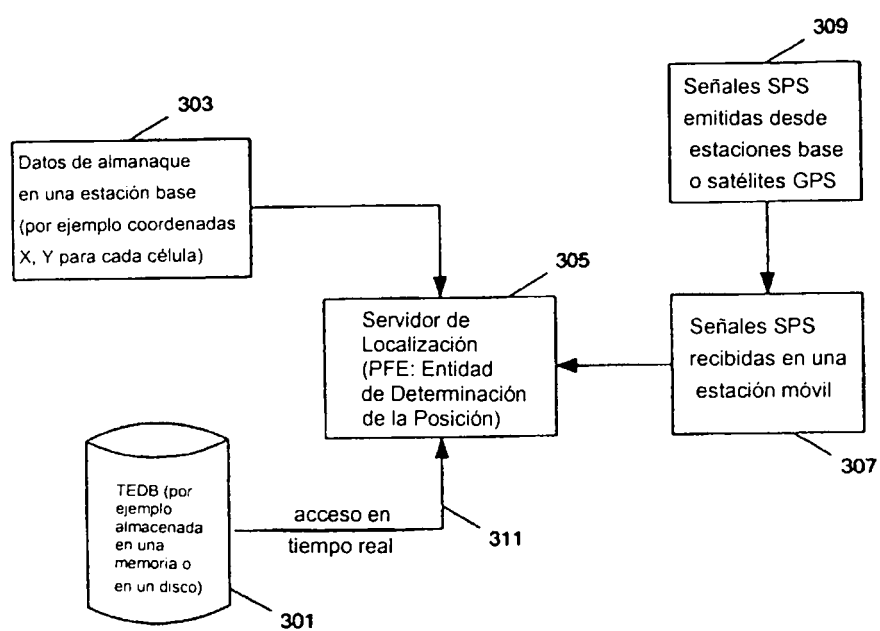


Fig. 3

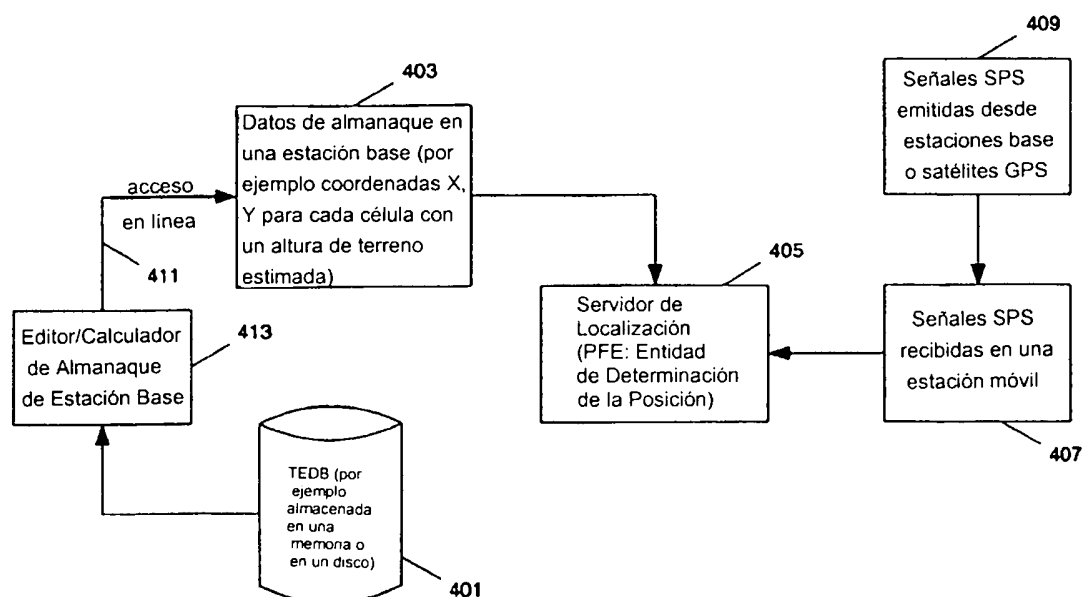


Fig. 4

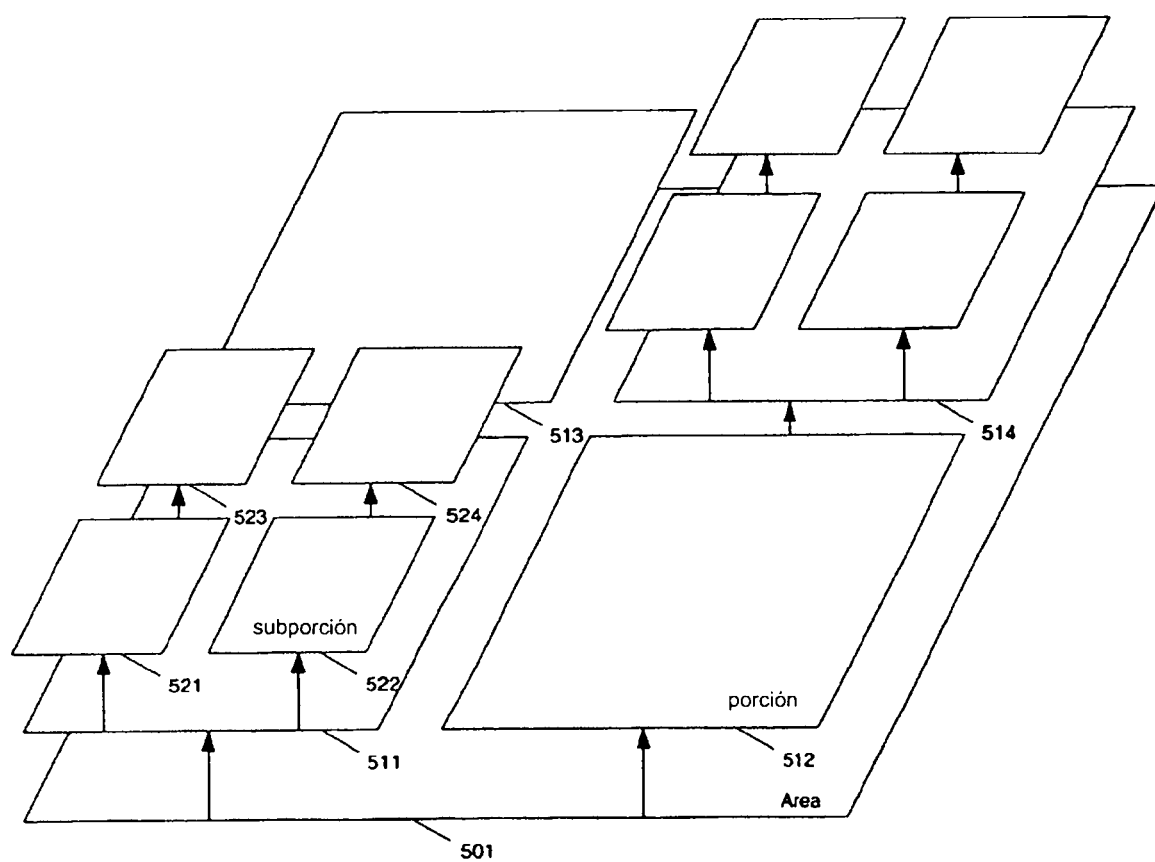


Fig. 5

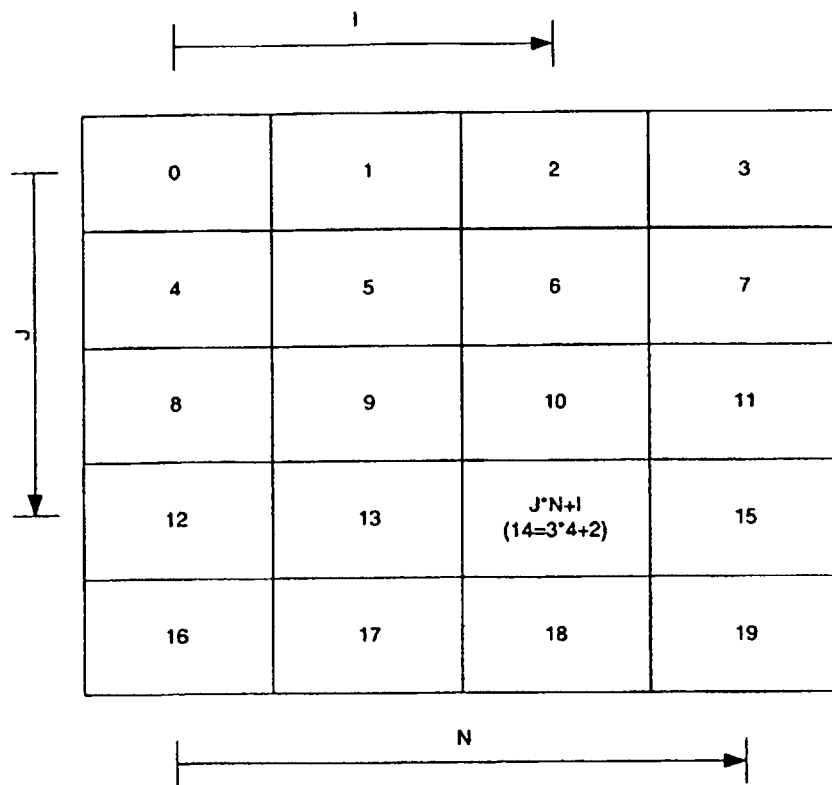


Fig. 6

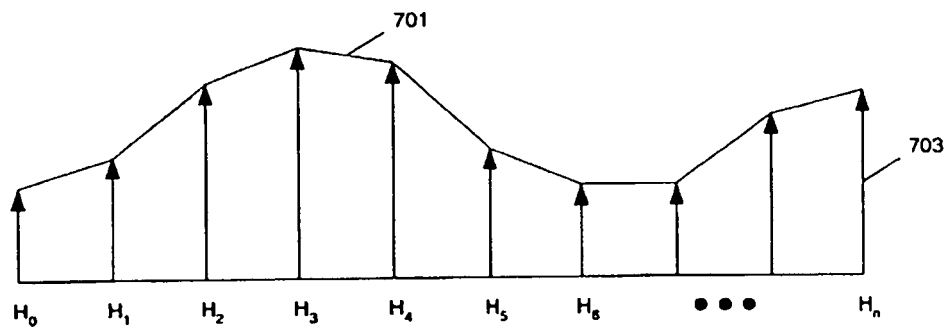


Fig. 7

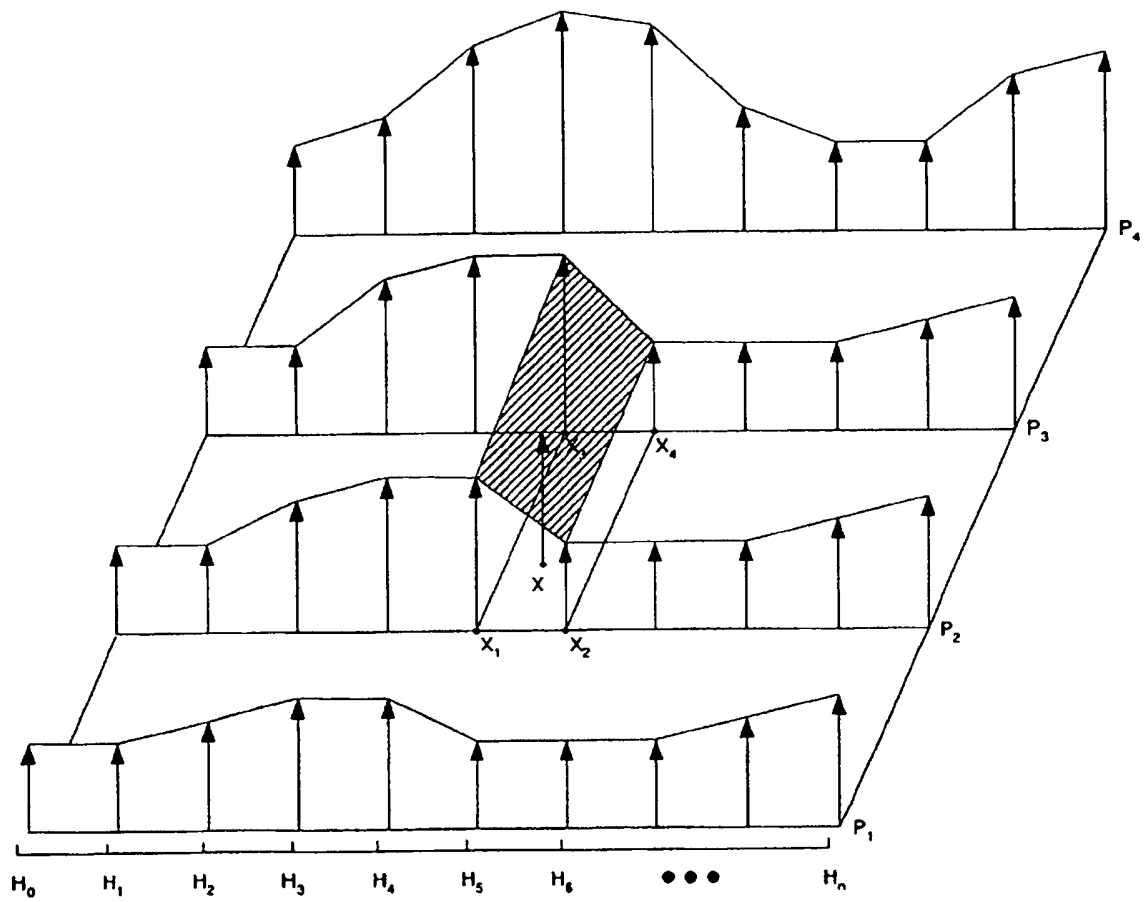


Fig. 8

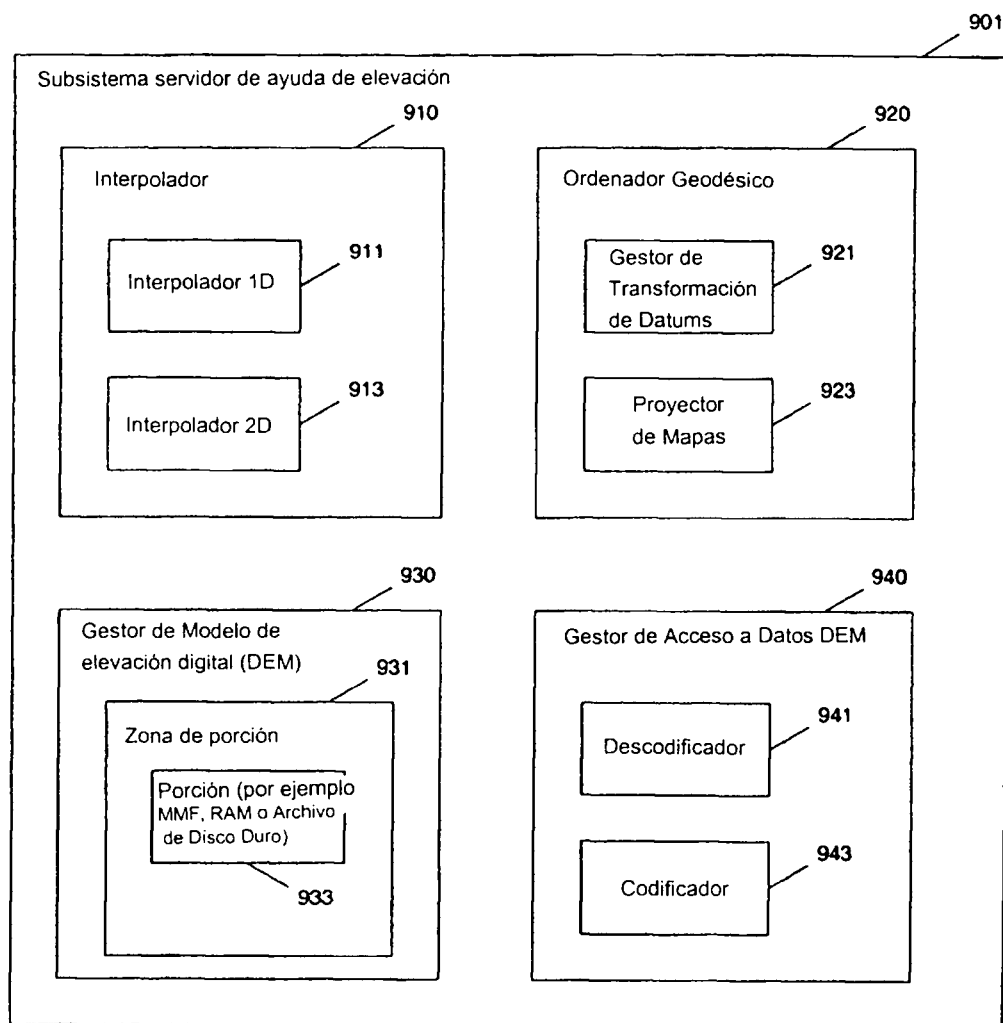


Fig. 9

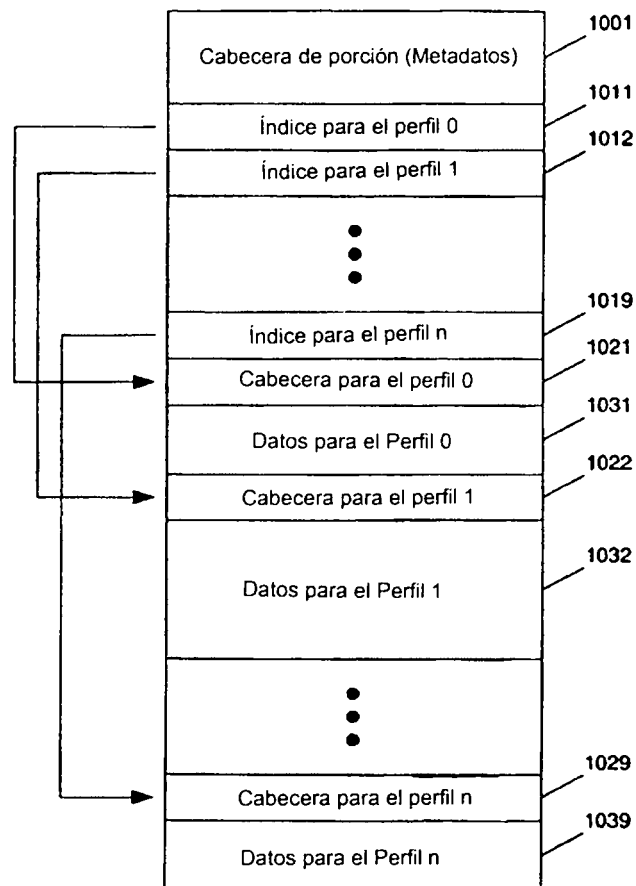


Fig. 10

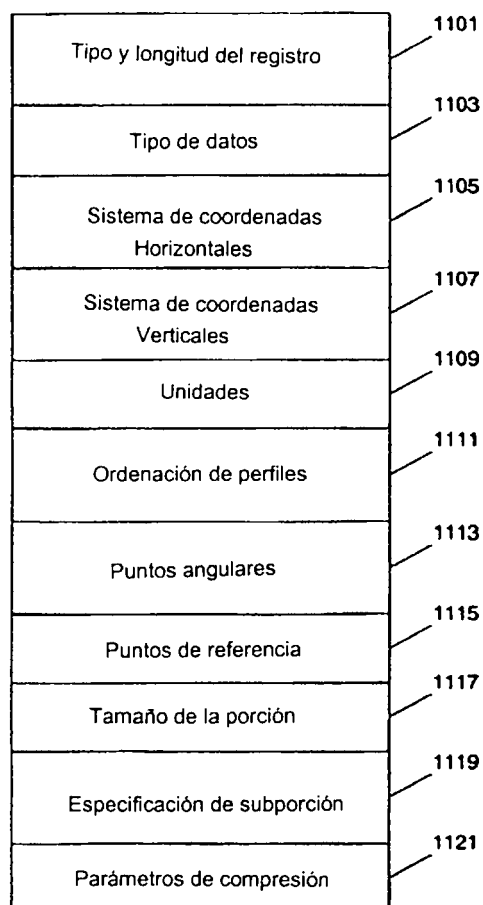


Fig. 11

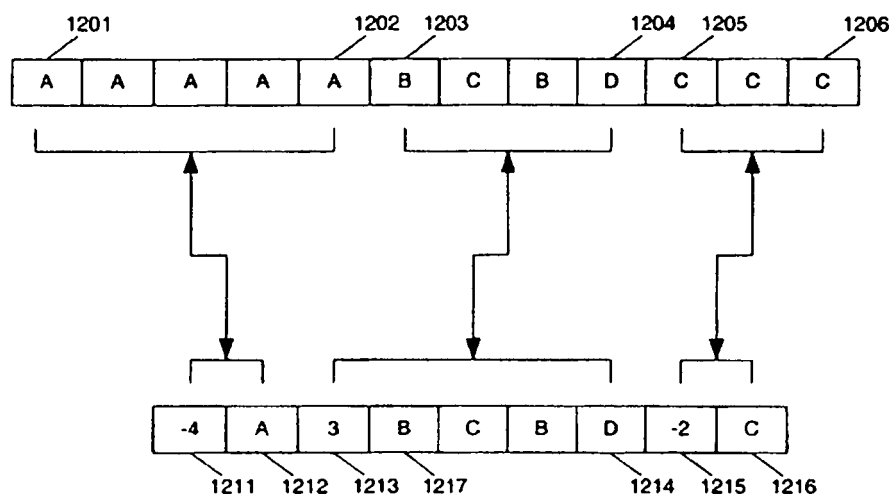


Fig. 12

	1301	1303	1305	1307	
	Índice de punto (dentro de un perfil)	Datos originales (metros)	Elevación normalizada (sustracción elevación mínima)	Elevación normalizada escalada (dividida por 4)	
1351	0	1000 (MIN)	0	0	}
1352	1	1502	502	126	
1353	2	1403	403	101	}
	3	1404	404	101	
1359	4	1405	405	101	}
	5	1605	605	151	
	}
	I	3000 (MAX)	2000	500	
	}
	N	1070	70	18	

1	1311
0	1312
126	1313
-2	1321
101	1322
...	

Fig. 13

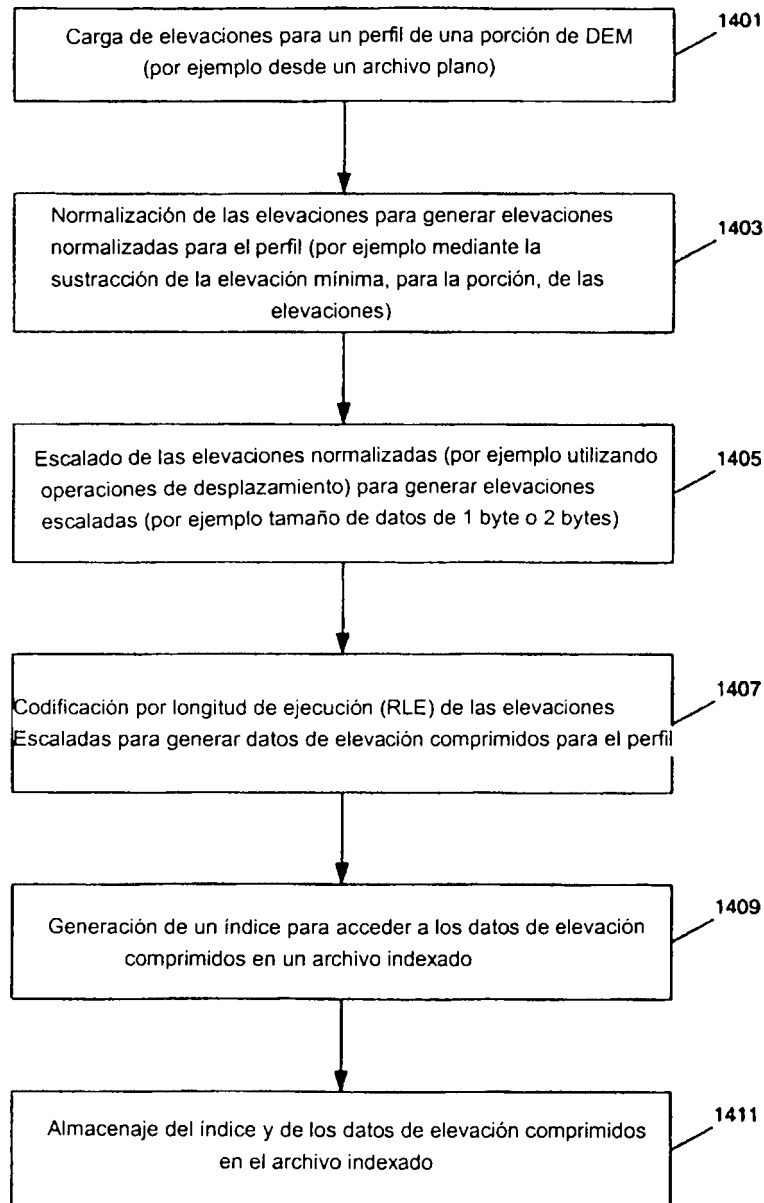


Fig. 14

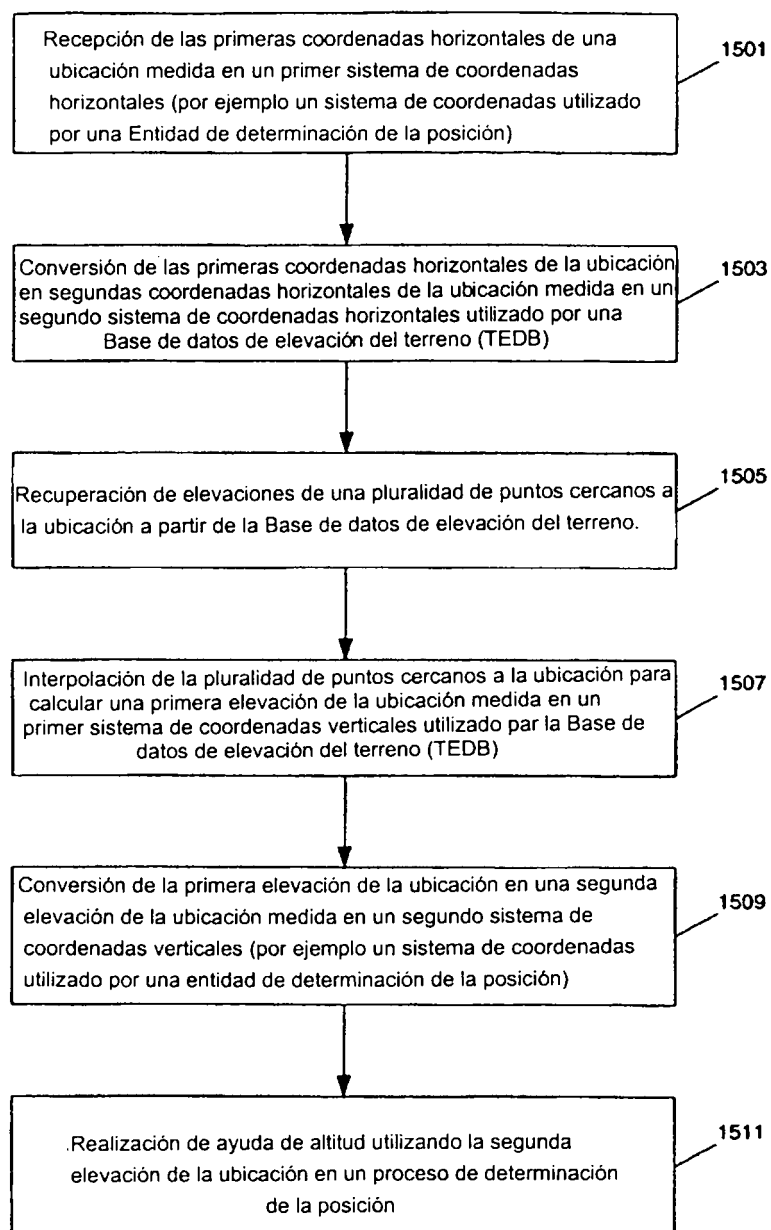


Fig. 15

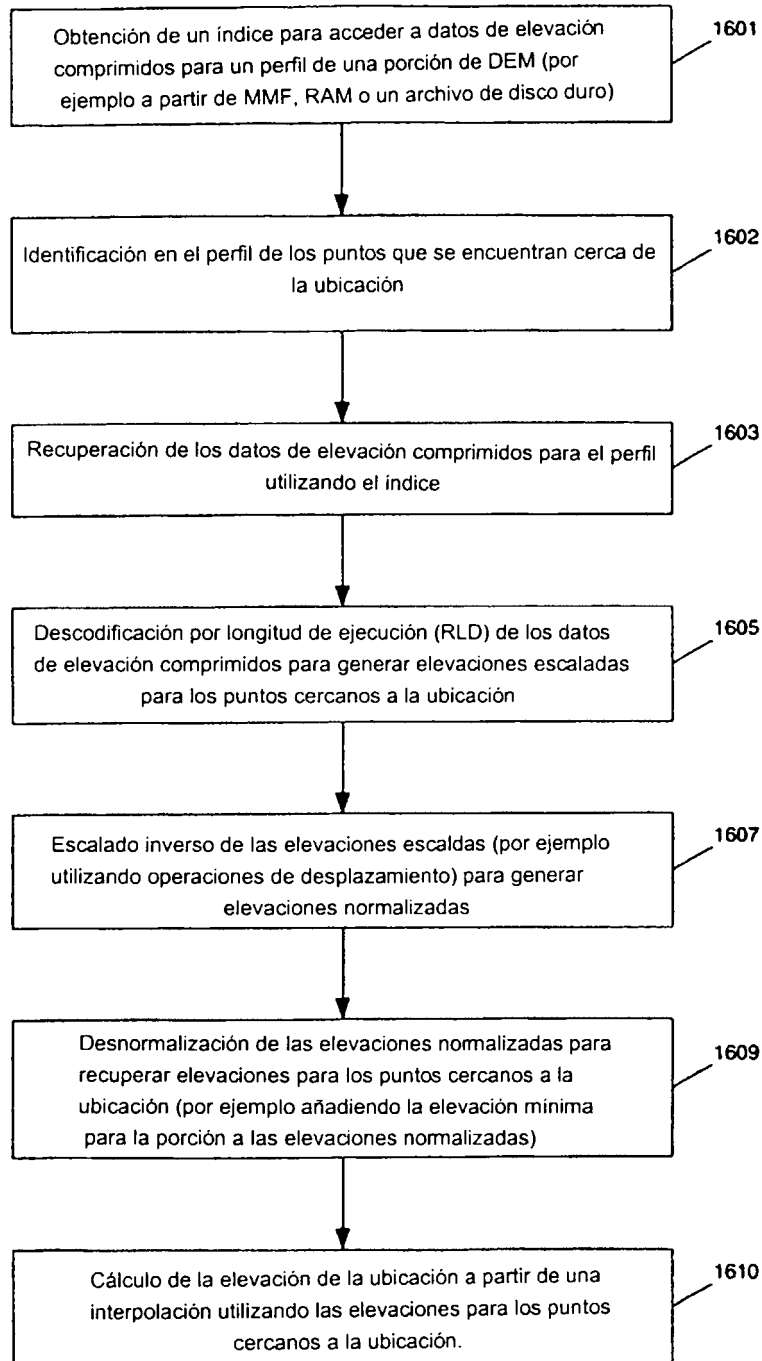


Fig. 16