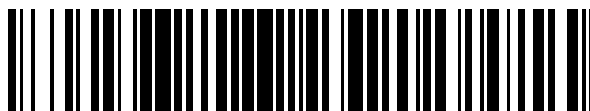


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 452**

51 Int. Cl.:
G01C 21/36 (2006.01)
G09B 29/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03775377 .9**
96 Fecha de presentación: **20.11.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1581782**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.10.2005**

54 Título: **Sistema y método de visualización de 3D avanzada para unidades de navegación móviles**

30 Prioridad:
31.12.2002 US 334772

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.11.2012

73 Titular/es:
ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
POSTFACH 30 02 20
70442 STUTTGART, DE

72 Inventor/es:
SCHMIDT, HAUKE;
CHEN, TOULIN y
LEE, AARON

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 391 452 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

Sistema y método de visualización en 3D avanzada para unidades de navegación móviles

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a sistemas de navegación visual, y se refiere más en concreto a un sistema y un método para la representación visual de datos con referencia geográfica para navegación móvil, que incluye un método jerárquico para la carga a petición de objetos gráficos de marca de referencia, y un método para la síntesis de imágenes multiresolución para representar de manera más eficiente y precisa entornos geográficos locales.

INFORMACIÓN DE ANTECEDENTES

10 Utilizar software de gráficos por ordenador para renderizar visualmente y de manera precisa el aspecto de un entorno geográfico local que está en la visión de un observador fijo (desde un punto de visión concreto elegido por el observador) es en sí mismo un reto, debido a las dificultades involucradas en la simulación precisa de las diversas texturas y los diversos detalles geográficos de una escena, además de los problemas de reconstrucción de una escena en función del punto de visión del observador. Sin embargo, los sistemas modernos de navegación visual que están actualmente siendo desarrollados exigen mucho más del software de gráficos: simular con precisión el
15 entorno visual de un observador en movimiento, para servir como ayuda a la navegación. Obviamente, utilizar software de renderización para representar en tiempo real el entorno geográfico local de un observador en movimiento, tal como un conductor en un vehículo, es mucho más difícil que renderizar el entorno de un observador estático, debido a que cuando cambia el emplazamiento del observador, cambian los objetos geográficos comprendidos dentro de su horizonte de visión y el aspecto de estos objetos, lo que requiere un mecanismo de
20 actualización continua mediante el cual nuevos objetos gráficos ("puntos de interés" locales), texturas, características y vistas y otros datos de referencia puedan ser descargados rápidamente para renderizar con precisión y proporcionar información relativa a al entorno local navegado, en tiempo real.

25 Algunos sistemas de navegación visual actualmente en uso proporcionan visualizaciones tridimensionales de entornos reales en función de entradas de usuario, pero estos sistemas no soportan navegación móvil, y por lo tanto no proporcionan aplicaciones de guía de ruta para ayuda a la navegación, o están limitados en términos del punto de visión renderizable o de las características geográficas que pueden ser visualizadas.

30 Por lo tanto, lo que se necesita es un sistema de visualización para unidades móviles, tales como sistemas de navegación para vehículos de motor o asistentes digitales personales (PDAs, personal digital assistants), que rendericen de manera realista el entorno de un observador móvil con un nivel elevado de detalles para cualquier punto de visión, y que proporcionen asimismo ayudas a la navegación, tal como una guía de ruta e información de referencia relativa a los objetos visualizados.

35 El documento US 6 199 014 B1 describe un sistema y un método para proporcionar instrucciones de navegación, que incluyen representaciones de fotografías de emplazamientos geográficos a lo largo de la ruta a recorrer. La información geográfica y la información fotográfica son almacenadas en bases de datos; la información fotográfica incluye representaciones de fotografías de emplazamientos geográficos reales. Son almacenadas asimismo las coordenadas de cada emplazamiento fotografiado. Cada una de las representaciones de fotografías es emparejada con la información geográfica, asociando de ese modo la fotografía con información geográfica relativa al emplazamiento representado en la misma. Los puntos de inicio y de destino, la información geográfica y la información fotográfica son procesados para determinar una ruta para viajar hasta el punto de destino. Se generan
40 instrucciones de navegación para recorrer la ruta, que incluyen representaciones de fotografías. Las instrucciones de navegación y las representaciones fotográficas de los emplazamientos geográficos son entregadas en una secuencia, proporcionando de ese modo una secuencia de direcciones y representaciones fotográficas de emplazamientos geográficos, a lo largo de la ruta.

RESUMEN DE LA INVENCION

45 Para satisfacer las necesidades indicadas anteriormente, la presente invención da a conocer un sistema para proporcionar navegación visual tridimensional para una unidad móvil, que incluye una unidad de cálculo del emplazamiento para calcular una posición instantánea de la unidad móvil, una unidad de control del punto de visión para determinar un cono truncado de visión en base a la posición instantánea de la unidad móvil, un gestor de grafos de escena en comunicación, por lo menos, con una base de geo-datos, que obtiene datos de objetos geográficos,
50 asociados con el cono truncado de visión a partir, por lo menos, de dicha base de geo-datos y genera un grafo de escena que organiza los datos de objetos geográficos obtenidos, y un dispositivo de renderización de grafos de escena que renderiza gráficamente los grafos de escena como una descripción tridimensional en tiempo real.

Para mejorar el realismo de la descripción, la presente invención da a conocer un método para mezclar imágenes de diferentes resoluciones, correspondientes al cono truncado de visión, a efectos de reducir las inhomogeneidades y los cambios abruptos en la representación resultante, que de lo contrario se producirían cuando la unidad móvil se aproxima a la zona geográfica representada o se aleja de la misma.

5 Además, para incrementar la eficiencia de la visualización de la navegación, la presente invención describe asimismo estructuras de datos para el almacenamiento y el acceso en tiempo real de información relacionada con objetos de marca de referencia geográfica o POIs (Points of Interest, puntos de interés). Las estructuras de datos pueden permitir la carga de los objetos a petición, en base al cono truncado de visión y/o a una petición del usuario. Las estructuras de datos pueden minimizar el tiempo de carga, la utilización de la memoria, los requisitos de
10 procesamiento y los recursos de renderización de la representación, mediante permitir al sistema cargar dinámicamente, a petición, solamente aquellos objetos que son visibles y/o que interesan al usuario de la unidad móvil.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 La figura 1a es una ilustración esquemática del cono truncado de visión del observador, de acuerdo con una primera orientación.

La figura 1b es una ilustración esquemática de un cono truncado de visión, de acuerdo con una orientación ligeramente modificada respecto a la ilustración mostrada en la figura 1a.

20 Figura 2a es una renderización tridimensional a modo de ejemplo, de un entorno metropolitano en una vista de helicóptero, de acuerdo con el emplazamiento actual de la unidad móvil, proporcionada por la presente invención.

La figura 2b es una renderización de una vista de helicóptero tridimensional, del entorno de la figura 2a después de que la unidad móvil se ha desplazado cierta distancia a lo largo de la ruta mostrada.

La figura 2c es una renderización de una vista de helicóptero tridimensional, del entorno de la figura 2a y la figura 2b después de que la unidad móvil se ha desplazado más a lo largo de la ruta mostrada.

25 La figura 3 muestra el sistema de navegación visual acorde con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 4a muestra una representación abstracta de los objetos de marca de referencia dispersos geográficamente en un área bidimensional.

30 La figura 4b muestra una estructura de tipo árbol que representa la división espacial del área limitada de la figura 4a y la posición de los objetos de marca de referencia comprendidos en el área limitada.

La figura 5a muestra una representación abstracta a modo de ejemplo, de un área bidimensional limitada geográficamente de un sistema de navegación, que muestra la relación anidada entre cajas límite y baldosas.

35 La figura 5b muestra una estructura jerárquica de tipo árbol que representa la relación anidada de las cajas límite de la figura 5a.

La figura 6a muestra una representación a modo de ejemplo, del diseño físico del archivo de índices de referencia (RIF, Resource Index Field) dentro de un medio de almacenamiento o de una memoria, de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 La figura 6b muestra contenidos a modo de ejemplo, del archivo RIF correspondiente a la estructura jerárquica de tipo árbol de la figura 5b.

La figura 7a muestra una representación a modo de ejemplo, del diseño físico del archivo de nivel de detalles (LOD, Level of Details) comprendido en un medio de almacenamiento o una memoria, de acuerdo con una realización de la presente invención.

45 La figura 7b muestra contenidos a modo de ejemplo, del archivo de nivel de detalles (LOD) correspondiente a las baldosas BALDOSA1 hasta BALDOSA7 de la estructura jerárquica de tipo árbol de la figura 5b.

La figura 8a muestra una primera imagen multirresolución mezclada, de acuerdo con la presente invención, presentada como si se viera desde una gran distancia.

La figura 8b muestra una segunda imagen multirresolución mezclada, de acuerdo con la presente invención, como si se viera desde una distancia menor que en la figura 8a.

5 La figura 8c muestra una tercera imagen multirresolución mezclada, de acuerdo con la presente invención, como si se viera desde una distancia menor que en la figura 8b.

La figura 8d muestra una cuarta imagen multirresolución mezclada, de acuerdo con la presente invención, como si se viera desde una distancia menor.

10 La figura 9 es un diagrama de flujo de una realización del método de síntesis de imágenes multirresolución llevado a cabo mediante el sistema de navegación de la presente invención.

La figura 10 muestra un gráfico del factor de mezclado utilizado para cada uno de los tres niveles de resolución, en función de la distancia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 Un sistema acorde con la presente invención genera una secuencia de visualizaciones gráficas tridimensionales, desde cualquier punto de visión arbitrario, de zonas geográficas para navegación móvil, orientación y referencia. Las visualizaciones gráficas, o renderizaciones, pueden contener representaciones de cualquier tipo de objeto de datos para el que esté disponible la información geográfica local. Dichos datos pueden incluir (de forma no limitativa) imágenes de vistas por satélite, aéreas y terrestres, mapas de carretera digitales, modelos geométricos de edificios, descripciones textuales de paisajes y cualquier clase de información de identificación que describa características o edificios en el entorno representado, tal como gasolineras y hoteles, o datos dinámicos, tal como información de tráfico, condiciones meteorológicas y la hora del día (iluminación).

20 Las figuras 1a y 1b muestran cómo los parámetros de información utilizados para renderizar el entorno local cambian con el punto de visión (orientación) del observador. En la figura 1a, el observador 5 orientado "al norte" tiene un campo de visión bidimensional A, una zona en forma de cono aproximadamente que incluye los objetos 7, 8 y 9. El campo de visión A determina un "cono truncado de visión" 15 tridimensional que incluye totalidad del espacio tridimensional que puede percibir el observador. Los datos contenidos dentro del cono truncado de visión 15 están proyectados sobre una vista bidimensional (mostrada esquemáticamente como plano A'-A"), de acuerdo con reglas conocidas de la perspectiva, la visión humana y la representación gráfica. Cuando el observador 5 gira hacia el "oeste" en un pequeño ángulo, su horizonte de visión abarca un nuevo campo de visión B que solapa con una parte del campo de visión A, y define un cono truncado de visión 16 modificado. El nuevo cono truncado de visión 16 abarca un nuevo objeto 10, mientras que el objeto 7 queda fuera del nuevo cono truncado de visión y deja de ser visible.

25 Por lo tanto, para renderizar adecuadamente el entorno del observador a medida que cambia su orientación, el sistema de renderización debe recibir y renderizar nuevos datos (relativos al objeto 10) que no estaban renderizados previamente, y debe descartar datos (relativos al objeto 7) que fueron previamente recibidos y renderizados. De este modo, el sistema está en un flujo continuo dado que descarga nueva información y descarta datos "antiguos". Puesto que habitualmente para la mayor parte de los sistemas de navegación visual la cantidad de datos gráficos geográficos excede con mucho la capacidad de los recursos de memoria de a bordo, es vital para el sistema tener un acceso rápido y eficiente a recursos de bases de datos externos al vehículo, de tal modo que los datos nuevos puedan ser descargados inmediatamente para renderizar secuencias sucesivas en tiempo real, que coincidan en la medida de lo posible con lo que ve el observador. Para conseguir un grado de realismo elevado, el sistema de visualización actualiza la visualización a una frecuencia de 60 actualizaciones por segundo, lo suficientemente rápida como para hacer que los cambios parezcan continuos e instantáneos al ojo humano.

30 Las figuras 2a, 2b y 2c muestran tres renderizaciones tridimensionales secuenciales de un entorno metropolitano, cuando el observador viaja a lo largo de una ruta representada, que muestran cómo el sistema de navegación visual de la presente invención tiene en cuenta el movimiento del observador y actualiza en consecuencia la visualización. La figura 2a representa una renderización de visión de "helicóptero" de un escenario en una zona metropolitana, en base al emplazamiento de la unidad móvil 200, mostrada como un triángulo verde. Tal como se muestra, la unidad móvil, que puede estar incorporada en un vehículo de motor, se está desplazando a lo largo de una carretera 201 entre los edificios 203, 204 (mostrados a la izquierda) y 205 (mostrado a la derecha) en el primer plano, y aproximándose a un puente 215. La representación incluye asimismo texto de referencia que identifica el puente, como el puente "James Monroe". Una sección de segundo plano 107, que incluye varios edificios, discurre en el extremo lejano del puente 215. Una brújula triangular amarilla 208, que indica la dirección del norte geográfico, se

muestra en la parte superior, inmediatamente por encima de la unidad móvil 200. Además, se muestra una ruta propuesta hasta un destino preseleccionado, como una línea curva azul 210.

5 Cuando la unidad móvil 200 se desplaza hacia delante en dirección al puente 215 a lo largo de la ruta propuesta 210, la renderización gráfica del entorno local cambia ligeramente, tal como se muestra en la figura 2b. Tal como
 10 puede apreciarse, la representación de la unidad móvil 200 se ha desplazado hacia adelante, la sección de segundo plano 207 ha aumentado ligeramente, y los edificios 203 -205 han aumentado proporcionalmente, de acuerdo con las normas de la perspectiva. Cuando la unidad móvil sigue desplazándose hacia el puente 215, tal como se muestra en la figura 2c, los edificios en el primer plano 203-205 y en el segundo plano 107 se amplían más aún. Además, en este caso aparecen partes del edificio 205 anteriormente ocultas, y desaparece el edificio 203, simulando lo que vería un observador si se estuviera desplazando hacia delante lo largo de la ruta 210.

15 La figura 3 es un diagrama de bloques del sistema de navegación para una visualización tridimensional avanzada, de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. El sistema de navegación 25 incluye componentes de a bordo 30 emplazados conjuntamente con la unidad móvil, y componentes externos al vehículo situados remotamente, tales como bases de datos geográficos ("bases de geo-datos") 61, 62. Se entiende que si bien las bases de geo-datos 61, 62 se muestran como dos unidades discretas, está previsto que representen cualquier número arbitrario de bases de datos, emplazadas conjuntamente o remotamente, que pueden ser accedidas mediante los componentes de a bordo 30 del sistema. Las bases de geo-datos 61, 62 contienen la gran
 20 cantidad de datos relativos a las diversas zonas geográficas, que incluyen información de mapas, información geométrica y de gráficos de texturas e información de identificación. Sin embargo, cada base de geo-datos puede alternativamente contener solamente referencias, o metadatos, relativos a información gráfica que está almacenada físicamente en otras bases de datos. De este modo, una base de datos concreta puede funcionar como un servidor de directorios para acceder a otras bases de datos que pueden ser consultadas eficientemente para proporcionar información, tal como objetos de cierto tipo, por ejemplo restaurantes, que están emplazados dentro de cierta área geográfica. La utilización de metadatos de bases de geo-datos para racionalizar el acceso a los datos se describirá en mayor detalle a continuación.
 25

30 El sistema 25 de navegación visual incluye una unidad 35 de cálculo del emplazamiento, que puede ser implementada como un programa almacenado en memoria local y ejecutado en un microprocesador de la unidad móvil (que se toma como la posición del observador). La unidad 35 de cálculo del emplazamiento recibe entradas desde los detectores de posición 40 y calcula una posición instantánea (coordenadas) de la unidad móvil en el espacio cartesiano (x, y, z), basándose en la información de entrada. De acuerdo con una realización, los detectores de posición 40 incluyen receptores GPS que proporcionan información de la posición "absoluta", y detectores inerciales que pueden proporcionar información de la aceleración lineal y de la velocidad angular, a partir de la cual puede calcularse, por integración, la información de la posición "relativa". Alternativa o adicionalmente, los detectores de posición 40 pueden incluir detectores de odometría, tal como detectores de la velocidad de las ruedas.
 35 Cuando está equipada con detectores inerciales apropiados, sensibles al movimiento de rotación, la unidad de cálculo del emplazamiento puede calcular asimismo la orientación instantánea de la unidad móvil.

40 La unidad 35 de cálculo del emplazamiento pasa la posición calculada (y, posiblemente, la orientación) de la unidad móvil a una unidad 45 de control del punto de visión, que utiliza la información de la posición y la información de la orientación para determinar los límites del cono truncado de visión a renderizar. Asimismo, la unidad 45 de control del punto de visión interactúa con, y recibe entradas procedentes del módulo 50 de entrada del usuario y de un módulo 52 de cálculo de ruta, para proporcionar una funcionalidad mejorada. Por ejemplo, a través del módulo 50 de entrada de usuario, tal como un teclado numérico o unos botones de control, un usuario del sistema de visualización puede modificar el modo de visión para aproximarse/alejarse, o modificar el ángulo de inclinación de la observación. Adicionalmente, el usuario puede ser capaz de anular la unidad 35 de cálculo del emplazamiento a través de las
 45 entradas 50 del usuario, para especificar diferentes parámetros de emplazamiento y orientación, para la visualización.

50 Asimismo, el usuario puede seleccionar el modo del punto de visión de observación mediante las entradas 50 de usuario. En un modo, el punto de visión renderizado puede representar una visión de "helicóptero" que sigue el emplazamiento de la unidad móvil a una distancia y en un ángulo específicos predeterminados, de manera similar a un helicóptero siguiendo un coche. En otro modo, el punto de visión puede reflejar directamente la posición y el rumbo de la unidad móvil, de tal modo que la escena virtual reproduce la escena que ve el observador. En cada caso, el modo seleccionado afecta al cono truncado de visión calculado mediante la unidad 45 de control del punto de visión.

55 Si está instalado un módulo 52 de cálculo de ruta en el sistema (tal como se muestra), puede proporcionar información de rutas, tal como puntos de decisión (por ejemplo, cruces) a lo largo de una ruta seleccionada. Si ha sido seleccionado un modo de previsualización mediante las entradas 50 del usuario, la transmisión de información de puntos de decisión desde el módulo 52 de cálculo de ruta a la unidad 45 de control del punto de visión puede hacer avanzar el punto de visión hasta un punto de decisión próximo, de tal modo que una visualización de la

sección próxima de la ruta es presentada al usuario en una previsualización, antes de que la unidad móvil llegue a dicha sección.

Después de que la unidad 45 de control del punto de visión determina el cono truncado de visión en función del modo de visión seleccionado actualmente, ésta proporciona las coordenadas del cono truncado de visión a un módulo 55 de gestor de grafos de escena, que organiza los objetos de almacenamiento de datos y accede a los mismos. El módulo 55 de gestor de grafos de escena mantiene una descripción estructurada de todos los objetos que han de ser representados en la escena actual, denominada un "grafo de escena". El gestor 55 de grafos de escena determina un área geográfica de interés, en base al cono truncado de visión recibido desde la unidad 45 de control del punto de visión, y a continuación consulta a las bases de geo-datos 61, 62 sobre los objetos que están situados dentro de esta zona geográfica. Los objetos nuevos son incorporados al grafo de escena, mientras que los objetos que dejan de estar situados dentro del área geográfica de interés son retirados del grafo de escena. Las entradas del usuario, introducidas a través del módulo 50 de entrada de usuario, pueden ser utilizadas para filtrar o seleccionar los tipos de objetos que el gestor 55 de grafos de escena incluye en el grafo de escena. Por ejemplo, el usuario puede especificar que se representen solamente restaurantes. A continuación, el gestor de grafos de escena solicitará y añadirá al grafo de escena objetos que coinciden con estos criterios. Además, el grafo de escena contiene continuamente un objeto que representa la propia unidad móvil.

Para minimizar el tiempo de carga, la utilización de la memoria, los requisitos de procesamiento y los recursos de renderización de la representación, el gestor 55 de grafos de escena puede cargar dinámicamente, a petición, desde las bases de geo-datos 61, 62, solamente aquellos objetos de almacenamiento de datos que son visibles y/o de interés para el usuario y que están asociados con el nivel de detalle concreto. Para consultar las bases de geo-datos 61, 62 a efectos de obtener esta información, el gestor 55 de grafos de escena utiliza un método jerárquico para la carga a petición de datos de objetos, que utiliza estructuras de datos definidas específicamente a efectos de organizar los datos de objetos para un acceso eficiente.

En un ejemplo de realización de la presente invención, pueden utilizarse dos estructuras de datos como una guía para cargar a petición los objetos de marca de referencia. La primera estructura de datos, denominada el archivo de índice de recursos o simplemente el "archivo RIF", puede proporcionar el almacenamiento de "metadatos" de los objetos de marca de referencia. La segunda estructura de datos, denominada el archivo de nivel de detalle o simplemente el "archivo LOD", puede almacenar los "datos reales" relativos a los objetos de marca de referencia, en múltiples niveles de detalle. Los archivos RIF y/o LOD pueden estar almacenados, por ejemplo, en un medio de almacenamiento y/o en una memoria de ordenador.

Los metadatos almacenados en el archivo RIF pueden ayudar al gestor de grafos de escena a determinar qué recursos están visibles en un punto de visión concreto y su nivel de detalle. Los metadatos pueden tener un tamaño reducido en comparación con los datos reales. Por lo tanto, separando los metadatos y los datos reales, pueden reducirse significativamente la utilización de la memoria, los requisitos de procesamiento y el tiempo inicial de arranque de la aplicación, puesto que no es necesario cargar los datos reales hasta que se necesitan. Por ejemplo, durante la fase de inicialización del sistema de navegación, el archivo RIF puede ser leído para determinar qué recursos es necesario cargar en la memoria del sistema sin cargar los datos reales. En tiempo de ejecución, el gestor de grafos de escena puede acceder a los datos reales a través del archivo LOD en función de la información almacenada en el archivo RIF (es decir, los metadatos almacenados en el archivo RIF pueden servir como directorio para determinar qué parte de los datos reales han de ser cargados en la memoria del sistema).

Los datos reales almacenados en el archivo LOD pueden representar información relativa a los recursos del sistema, en múltiples resoluciones. A diferencia de los sistemas convencionales, que habitualmente almacenan los datos reales como nodos hoja solamente en niveles no intermedios de una estructura jerárquica de tipo árbol, el archivo LOD puede proporcionar asimismo el almacenamiento de los datos en los nodos intermedios. De este modo, la estructura jerárquica de tipo árbol puede proporcionar una disposición más adecuada para acceder a la información en múltiples resoluciones, mediante permitir una carga más selectiva de los datos necesarios para una resolución concreta en una configuración dada del punto de visión. Por ejemplo, en un punto de visión a 3048 m (10 000 pies) puede seleccionarse inmediatamente una textura de resolución de 100 metros en lugar de una resolución de 1m, puesto que la disposición de los datos puede evitar tránsitos innecesarios. Por lo tanto, disponiendo los datos a distribuir entre todos los niveles de la estructura jerárquica de tipo árbol, puede conseguirse para la resolución requerida un acceso de datos más conveniente y eficiente.

La figura 4a muestra una representación abstracta de objetos 101, 105 de marca de referencia, dispersos geográficamente en un área bidimensional delimitada mediante la línea punteada 110. Las coordenadas X, Y, X' e Y' definen adicionalmente el área limitada 110. Más específicamente, las coordenadas X y Y se cruzan entre sí para dividir el área limitada 110 en cuatro cuadrantes (es decir, un primer cuadrante I, un segundo cuadrante II, un tercer cuadrante III y un cuarto cuadrante IV). Las coordenadas X' y Y' se cruzan con las coordenadas X, Y para subdividir además dos de los cuatro cuadrantes en subcuadrantes. En particular, la coordenada Y' se cruza con la coordenada X para subdividir el cuadrante III en el subcuadrante III₁ y el subcuadrante III₂. La coordenada X' se cruza con la coordenada Y para subdividir el cuadrante IV en el subcuadrante IV₁ y el subcuadrante IV₂.

La subdivisión del área limitada 110 en los cuadrantes I-IV y en los subcuadrantes III₁, III₂, IV₁ y IV₂ facilita una descripción más precisa del emplazamiento de los objetos 101 a 105 de marca de referencia. Tal como se muestra en la figura 4a, el objeto (geográfico) 101 de marca de referencia está situado en el primer cuadrante I, el objeto 102 de marca de referencia está situado en el subcuadrante III₂, el objeto 103 de marca de referencia está situado en el subcuadrante III₁, el objeto 104 de marca de referencia está situado en el subcuadrante IV₂ y el objeto 105 de marca de referencia está situado en el subcuadrante IV₁.

La descripción del emplazamiento de los objetos 101, 105 de marca de referencia puede representarse, asimismo, como una estructura de "tipo árbol" con un "nodo raíz" y la serie de "nodos rama" y de "hojas". Los nodos rama pueden representar la división espacial del área limitada 110 y las hojas pueden representar los objetos 101 a 105 de marca de referencia. Los nodos rama y las hojas pueden disponerse específicamente para formar una relación entre la división espacial del área limitada 110 y el emplazamiento de los objetos 101 a 105 de marca de referencia. En particular, los nodos rama y las hojas pueden disponerse de manera jerárquica (es decir, los nodos rama pueden disponerse para ser "hijos" del nodo raíz o de otro nodo rama, y las hojas pueden disponerse para ser "hijas" de un nodo rama).

La figura 4 muestra una realización a modo de ejemplo de una estructura 150 de tipo árbol, para representar la división espacial del área limitada 110 así como el emplazamiento de los objetos 101 a 105 de marca de referencia dentro del área limitada 110. La estructura 150 de tipo árbol incluye un nodo raíz 140, cuatro nodos rama 141 a 144 y los cinco objetos 101 a 105 de marca de referencia. El nodo raíz 140, los nodos rama 141 a 144 y los cinco objetos 101 a 105 de marca de referencia están dispuestos de manera jerárquica. En particular, el nodo raíz 140 está dispuesto para estar en la "base" o "raíz" de la estructura de tipo árbol 150, los nodos rama 141 a 144 están dispuestos para ser "hijos" del nodo raíz 140 y los cinco objetos 101 a 105 de marca de referencia están dispuestos para ser las "hojas". Los cinco objetos 101 a 105 de marca de referencia están dispuestos adicionalmente para ser "hijos" de los nodos rama 141 a 144. En particular, el objeto 101 de marca de referencia está dispuesto para ser un hijo del nodo rama 142, los objetos 103 y 102 de marca de referencia están dispuestos para ser hijos del nodo rama 144 y los objetos 104 y 105 de marca de referencia están dispuestos para ser hijos del nodo rama 141.

Dicha disposición jerárquica de la estructura de tipo árbol 150 puede proporcionar un marco adecuado para la construcción de una estructura de datos que puede ser útil en sistemas de navegación, por ejemplo. En particular, la disposición jerárquica de la estructura de tipo árbol 150 puede ser fácil de crear, analizar y navegar. Además, la disposición jerárquica de la estructura de tipo árbol 150 puede permitir que se lleve a cabo una prueba de "rechazo rápido", en la que un nodo rama de un árbol puede ser "podado" si el objeto de marca de referencia de dicho nodo está fuera del cono truncado de visión de la navegación. Por ejemplo, si se estima que un usuario del sistema de navegación está en el primer cuadrante I, puede asumirse que el objeto 101 de marca de referencia está dentro del cono truncado de visión del usuario, mientras que puede asumirse que los objetos 102 a 105 de marca de referencia están fuera del cono truncado de visión del usuario. De este modo, el nodo rama asociado con el primer cuadrante I, es decir, el nodo rama 142, puede ser "cargado" mientras que los otros nodos rama, es decir los nodos rama 141, 143 y 144, pueden ser "podados", y a continuación no han de ser visitados. Por lo tanto, la disposición jerárquica de la estructura de tipo árbol 150 puede permitir la carga de los datos reales (objetos de marca de referencia o puntos de interés POI) a petición, en función de la visión actual o de una solicitud del usuario.

En un ejemplo de realización de la presente invención, cada nodo de la estructura de tipo árbol 150 puede proporcionar información relativa a un área geográfica del sistema. En particular, cada nodo de la estructura de tipo árbol 150 puede estar asociado con una "caja límite" (es decir, un área limitada, un cuadrante, un subcuadrante, etc.) que puede estar subdividida mediante una o varias "baldosas". Una baldosa es una unidad lógica que contiene un conjunto de características y datos asociados para un emplazamiento concreto dentro de una caja límite. Las características pueden incluir, por ejemplo, una señal de tráfico, un edificio o una fotografía aérea. Los datos asociados pueden incluir una descripción de las características comprendidas en la baldosa (por ejemplo, cuántos polígonos de un edificio, cuántos lados en cada polígono y sus coordenadas (x, y, z), etc.).

La figura 5a muestra la relación "anidada" entre cajas límite y baldosas. La figura 5a muestra una representación abstracta 250 a modo de ejemplo, de un área bidimensional limitada geográficamente de un sistema de navegación, que muestra la relación anidada entre cajas límite y baldosas. Una caja límite 1 define los límites norte, sur, este y oeste de todo el sistema. La caja límite 1 está subdividida para incluir las cajas límite 2 a 6, que incluyen cada una, una o varias cajas límite de baldosas. En particular, la caja límite 2 incluye la Bbox 2 de baldosa, la caja límite 3 incluye la Bbox 3 de baldosa, la caja límite 4 incluye la Bbox 4 de baldosa, la caja límite 5 incluye la Bbox 5 de baldosa y la Bbox 6 de baldosa, y la caja límite 6 incluye la Bbox 7 de baldosa.

La figura 5b muestra una estructura jerárquica 260 de tipo árbol para representar la relación de cajas límite anidadas de la figura 5a. La estructura 260 de tipo árbol incluye los nodos N1 a N6, asociados cada uno con una caja límite 1 a 6 concreta. En particular, el nodo N1 está asociado con la caja límite 1, el nodo N2 está asociado con la caja límite 2, el nodo N3 está asociado con la caja límite 3, el nodo N4 está asociado con la caja límite 4, el nodo N5 está asociado con la caja límite 5 y el nodo N6 está asociado con la caja límite 6. Los nodos N1 a N6 están dispuestos de manera jerárquica para representar la relación anidada de las cajas límite 1 a 6. En particular, el nodo N1 está

dispuesto para estar en la base o raíz de la estructura 260 de tipo árbol, representando la caja límite 1 asociada que abarca todo el área geográfica del sistema de navegación. Adicionalmente, los nodos N2, N4, N5 y N6 están dispuestos para ser "hijos" del nodo raíz N1, representando que las cajas límite asociadas 2, 4, 5 y 6 quedan dentro de la caja límite 1. Además, el nodo N3 está dispuesto para ser hijo del nodo N2, representando que la caja límite asociada 3 queda dentro de la caja límite 2.

Los nodos N1 a N6 tienen, cada uno, una o varias baldosas acopladas BALDOSA1 a BALDOSA7, que representan la relación anidada de las cajas límite de baldosa asociadas, Bbox 1 de baldosa hasta Bbox 7 de baldosa. En particular, BALDOSA1 está acoplada al nodo N1 representando que la Bbox 1 de baldosa queda dentro de la caja límite, BALDOSA2 está acoplada al nodo N2 representando que la Bbox 2 de baldosa queda dentro de la caja límite 2, BALDOSA3 está acoplada a N3 representando que la Bbox 3 de baldosa queda dentro de la caja límite 3, BALDOSA4 está acoplada al nodo N4 representando que la Bbox 4 de baldosa queda dentro de la caja límite 4, BALDOSA5 y BALDOSA6 están acopladas al nodo N5 representando que la Bbox 5 de baldosa y la Bbox 6 de baldosa asociadas quedan dentro de la caja límite 6, y BALDOSA7 está acoplada a N6 representando que la Bbox 7 de baldosa asociada queda dentro de la caja límite 6.

El conjunto de características y datos asociados para las baldosas, es decir los datos de las baldosas, pueden mantenerse separados de los datos que describen las dimensiones de la baldosa y/o la relación padre-hijo de la estructura de tipo árbol. Dicha separación de los datos relacionados con las características (datos reales) respecto de los datos jerárquicos (metadatos) puede proporcionar una mejora global del rendimiento. En particular, la separación puede permitir un rechazo/aceptación rápido dentro del espacio visible del usuario. Por ejemplo, si los metadatos asociados con una baldosa incluyen una caja límite especificada mediante cuatro números, que definen los límites norte, sur, este y oeste, puede determinarse inmediatamente una intersección o solape. De este modo, una baldosa puede ser aceptada o rechazada sin investigar cada una de las características que contiene. Por lo tanto, las características de una baldosa no tienen que ser examinadas para determinar que dichas características están dentro o fuera del campo de visión de la navegación. Además, cambiar los datos reales puede no afectar a la indexación de los metadatos, puesto que los datos reales de características son independientes de los metadatos.

En un ejemplo de realización de la presente invención, la separación de los metadatos y los datos reales puede estar implementada mediante dos estructuras de datos, a saber un archivo de índice de recursos (Resource Index File, RIF) y un archivo del nivel de detalle (LOD, Level of Detail).

La siguiente tabla 1 describe un ejemplo de formato del archivo RIF:

URL	Cadena
Dimensión	{2 3}
Bbox	[flotantes] ^{2*Dimensión}
Baldosas	{ #Baldosas, [IDBaldosa, Bbox] ^{#Baldosas} }
Nhijos	{ #Hijos, [Caja, Baldosas, Nhijos]* }

Tal como se muestra en la tabla 1, el RIF puede incluir un campo "URL", un campo "Dimensión", un campo "Bbox", un campo "Baldosas" y un campo "Nhijos". El campo URL es una cadena que define el emplazamiento del archivo RIF, que puede ser un archivo local o un objeto remoto. El campo dimensión puede ser un "2", que indica un mapa de carretera bidimensional, o un "3", que indica un mapa de carretera tridimensional. El campo Bbox incluye una lista de números de punto flotante, que definen el límite superior y el límite inferior en cada dimensión de la caja límite para un nodo asociado. El campo Baldosas es un número seguido por una serie de tuplas, indicando dicho número la cantidad de baldosas para un nodo asociado, incluyendo dicha serie de tuplas un "IDBaldosa" y una Bbox para cada baldosa. (Es decir, estando por lo tanto definida la caja límite sobre un esquema por baldosa). El campo Nhijos es el número seguido por una serie de tuplas, indicando dicho número la cantidad de hijos asociados con un nodo asociado, incluyendo dicha tupla un campo Bbox, un campo Baldosas y un campo Nhijos para definir recursivamente la caja límite de cada hijo, las baldosas asociadas y el número de hijos.

La figura 6a muestra un ejemplo de representación del diseño físico del archivo RIF dentro de un medio de almacenamiento o de una memoria. El archivo RIF 300 puede almacenarse como una secuencia de octetos contiguos, que pueden interpretarse de acuerdo con la estructura definida en la tabla 1. Por ejemplo, el campo URL 301 ocupa la parte inicial de la memoria, el campo dimensión 302 ocupa la siguiente parte de la memoria, seguido por el campo caja límite 303, un campo 304 del número de baldosas, una secuencia de pares de ID de baldosa/caja límite 305, y una secuencia recursiva de campos 306 de hijo, caja límite y baldosa.

La figura 6b muestra contenidos 350 a modo de ejemplo, del archivo RIF correspondiente a la estructura jerárquica 260 de tipo árbol de la figura 5b. Más específicamente, los contenidos 350 especifican que el archivo RIF está ubicado en /bosch/resources/tiles, que la cajas límite del sistema de navegación describen áreas geográficas en dos (2) dimensiones; que el nodo raíz está asociado con la caja límite 1 que incluye una baldosa (#baldosas = 1) con un IDBaldosa 1 que está asociado con la Bbox 1 de baldosa; que el nodo raíz incluye cuatro hijos (#hijos = 4); que el primer hijo del nodo raíz está asociado con la caja límite 2, que incluye una baldosa (#baldosas = 1) con un IDBaldosa 2 que está asociado con la Bbox 2 de baldosa; que el primer hijo del nodo raíz incluye un hijo (#hijo = 1) asociado con la caja límite 3 que incluye una baldosa (#baldosas = 1) con un IDBaldosa 3 que está asociado con la Bbox 3 de baldosa; que el hijo del primer hijo del nodo raíz no tiene hijos (#hijos = 0); que el segundo hijo del nodo raíz está asociado con la caja límite 4 que incluye una baldosa (#baldosas = 1) con un IDBaldosa = 4 que está asociado con la Bbox 4 de baldosa; que el segundo hijo del nodo raíz no tiene hijos (#hijos = 0); que el tercer hijo del nodo raíz está asociado con la caja límite 5 que incluye dos baldosas (#baldosas = 2) con un IDBaldosa 5 y un IDBaldosa 6 asociados con la Bbox 5 de baldosa y la Bbox 6 de baldosa, respectivamente; que el tercer hijo del nodo raíz no tiene hijos (#hijos = 0), que el cuarto hijo del nodo raíz está asociado con una caja límite 6 que incluye una baldosa (#baldosas = 1) con un IDBaldosa = 7 que está asociado con la Bbox 7 de baldosa; y que el cuarto hijo del nodo raíz no tiene hijos (#hijos = 0).

El archivo de nivel de detalles (LOD) almacena información relativa al número total de niveles, al número total de baldosas, y otros datos que pueden definir los datos reales a los que hace referencia el archivo RIF. La siguiente tabla 2 describe un ejemplo de formato del archivo LOD:

Nniveles	Entero
Nbaldosas	Entero
DatosBaldosa	{ PtrArchivo, Nivel, IDBaldosa } *
DatosCaracterística	{ #Características, [IDCaracterística, TamañoCaracterística, flotantes ^{TamañoCaracterística}]* } +

Tal como se muestra en la tabla 2, el archivo LOD puede incluir un campo "Nniveles", un campo "Nbaldosas", un campo "DatosBaldosas", y un campo "DatosCaracterísticas". El campo Nniveles es un entero que representa el número total de niveles en la jerarquía. El campo Nbaldosas es un entero que representa el número total de baldosas en la jerarquía. El campo DatosBaldosas es una secuencia de tuplas que almacenan la posición de los datos por baldosa, incluyendo cada tupla un campo de puntero del archivo que indica una posición de almacenamiento dentro del campo DatosCaracterísticas, un campo de nivel de detalle que indica el nivel de detalle para la baldosa asociada, y un identificador de baldosa para la baldosa asociada. El campo DatosCaracterísticas es una matriz que define el número de características seguido por los datos por característica, incluyendo los datos por características un ID de característica, un tamaño de característica representado por una serie de números de punto flotante, y los datos reales.

La figura 7a muestra un ejemplo de representación del diseño físico del archivo LOD dentro de un medio de almacenamiento o de una memoria. El archivo LOD 400 puede almacenarse como una secuencia de octetos contiguos, que pueden interpretarse de acuerdo con la estructura definida en la tabla 2. Por ejemplo, el campo Nniveles 401 ocupa la parte inicial de la memoria, el campo Nbaldosas 402 ocupa la siguiente parte de la memoria, seguido por los datos de baldosa TD y los datos de característica FD. Los datos de baldosa TD incluyen campos de puntero del archivo (por ejemplo, el campo PtrArchivo 403 y el campo PtrArchivo 430) para indexar los datos de característica FD, permitiendo de ese modo un acceso más rápido a las características concretas asociadas con una baldosa concreta.

La figura 7b muestra ejemplos de contenidos 450 del archivo LOD correspondientes a las baldosas BALDOSA1 hasta BALDOSA7 de la estructura jerárquica 260 de tipo árbol de la figura 5b. Más específicamente, los contenidos 450 especifican que la estructura de datos de tipo árbol tiene tres niveles (Nniveles = 3), que la estructura de tipo árbol incluye un total de 7 baldosas (Nbaldosas = 7); que la primera baldosa que tiene IDBaldosa = 1 se encuentra en el nivel = 0 y apunta a través de PtrArchivo1 a una primera lista de características F1; que la segunda baldosa que tiene IDBaldosa = 2 se encuentra en el nivel = 1 y apunta a través de PtrArchivo2 a la lista de características F2; que la tercera baldosa que tiene IDBaldosa = 3 se encuentra en el nivel = 2 y apunta a través de PtrArchivo3 a la lista de características F3; que la cuarta baldosa que tiene IDBaldosa = 4 se encuentran el nivel = 1 y apunta a través de PtrArchivo4 a la lista de características F4; que la quinta baldosa que tiene IDBaldosa = 5 se encuentran en el nivel = 1 y apunta a través de PtrArchivo5 a la lista de características F5; y que la sexta baldosa que tiene IDBaldosa = 6 se encuentra en el nivel = 1 y apunta a través de PtrArchivo7 a la lista de características F7.

El marco de los archivos RIF y LOD puede proporcionar un rendimiento mejorado. Puede soportarse un mecanismo de paginación eficiente para llevar a cabo un intercambio de entrada/salida de los datos, desde la base de geo-datos o el medio de almacenamiento a los recursos de memoria local de la unidad móvil, tal como memoria gráfica, por ejemplo. De este modo, puede minimizarse la complejidad computacional requerida por el sistema de navegación.

5 Por ejemplo, transitar la estructura de datos de tipo árbol del archivo RIF puede requerir solamente $O(\log N)$ etapas computacionales, donde N es el número de nodos, y obtener los datos reales puede requerir solamente $O(1)$, debido a que los datos de baldosa asociados con la estructura de datos almacenan un puntero de archivo para localizar instantáneamente la información de los propios objetos de marca de referencia. Por ejemplo, una típica

10 representación de una ciudad puede estar almacenada teniendo 6 niveles de detalle, teniendo cada nivel 4 baldosas y 4 hijos, teniendo cada baldosa un promedio de 50 características (por ejemplo, estructuras de edificios). Por lo tanto, una representación de este tipo puede requerir 1365 baldosas ($4^0 + 4^1 + 4^2 + 4^3 + 4^4 + 4^5 = 1365$) y 68250 características ($50 \times 1365 = 68250$). Sin embargo, obtener los datos reales (es decir, los datos de características) puede requerir solamente transitar 6 niveles y, a continuación, algunos redireccionamientos de puntero.

El marco de los archivos RIF y LOD puede proporcionar asimismo una inicialización rápida debido a que puede no existir el requisito de descargar todos los datos en la memoria cuando se inicia la aplicación, reduciendo de ese modo el tiempo de respuesta al usuario. El marco de los archivos RIF y LOD puede proporcionar asimismo una utilización reducida de la memoria debido a que solamente es necesario cargar las regiones que son visibles para el usuario. De este modo, la utilización real de la memoria puede reducirse para aceptar solamente el almacenamiento de aquellas características requeridas para las zonas visibles por el usuario, sin sobrecargar los recursos del sistema. La utilización de los archivos RIF y LOD puede proporcionar asimismo requisitos de preprocesamiento reducidos debido a que solamente es necesario procesar los recursos contenidos en el interior de la baldosa, eliminando ese modo la necesidad de preprocesar los datos antes de enviarlos a otros dispositivos para su renderización. La utilización reducida de los datos puede proporcionar asimismo un procesamiento más rápido. Además, la utilización de los archivos RIF y LOD puede proporcionar asimismo un rendimiento de la representación mejorado, del sistema de navegación, puesto que los procesadores gráficos incorporados en el sistema de navegación pueden tener una potencia limitada de conmutación/renderización. El marco de los archivos RIF y LOD puede aplicarse asimismo otros tipos de datos y a otros sistemas. Por ejemplo, el marco de los archivos RIF y LOD puede ser aplicado a otros protocolos de transferencia continua en los que los recursos, tales como los objetos de marca de referencia de los sistemas de navegación, pueden ser descargados/transferidos solamente cuando se necesitan realmente.

De acuerdo con un método a modo de ejemplo, en el momento de inicialización del sistema, el archivo RIF es leído por el gestor de grafos de escena para crear una estructura de datos en tiempo real en un formato jerárquico de tipo árbol, para acceder a metadatos durante el funcionamiento en tiempo de ejecución del sistema de navegación. El archivo RIF no es leído en su integridad, solamente los campos que describen la dimensión del sistema (2 ó 3), así como un nivel de detalle del sistema que se describe mediante el número de niveles de la estructura de datos de tipo árbol del RIF. Los nodos de la estructura de datos de tipo árbol en tiempo real, pueden ser construidos y analizados como si no tuvieran cajas límite asociadas o baldosas acopladas.

Cuando el usuario navega por el sistema, los nodos del interior de la estructura de datos de tipo árbol en tiempo real pueden ser añadidos y borrados dinámicamente cuando se requiera, recuperando del archivo RIF la información apropiada. Una vez que un nodo es añadido, los datos reales correspondientes a cualesquiera baldosas acopladas pueden buscarse en el archivo LOD. En particular, el IDBaldosa proporciona un índice a los datos de baldosa, y un puntero de archivo correspondiente proporciona acceso a los datos de característica. Adicionalmente, después de que un usuario se desplaza a una zona visible diferente, y el cono truncado de visión cambia, las baldosas y los datos de características innecesarios pueden ser desechados liberando de ese modo recursos del sistema.

Una vez que se accede a los datos de características, otro componente del sistema de navegación (mostrado en la figura 3), el módulo 60 de renderización de grafos de escena, representa continuamente todos los objetos del grafo de escena, en base a su información geométrica y de aspecto. De acuerdo con un aspecto concreto, la geometría de los objetos puede ser descompuesta en una serie de elementos "primitivos", tales como triángulos o polígonos. A continuación, estos elementos pueden ser renderizados utilizando un motor gráfico equipado con una biblioteca de algoritmos gráficos tridimensionales, tal como es bien sabido en la técnica. El motor gráfico puede estar implementado utilizando bibliotecas de software, tales como OpenGL (Open Graphics Library), incluida en sistemas operativos tales como Microsoft Windows® 2000, NT, MacOS 9 y Linux. Alternativamente, el motor gráfico del módulo 60 de renderización de gráficos puede ser implementado utilizando hardware de aceleración 3D disponible en forma de tarjetas gráficas de diversos fabricantes.

El módulo de renderización de grafos de escena implementa asimismo otro aspecto de la presente invención, la utilización de la síntesis de imagen multiresolución, que ayuda a minimizar la permanencia de las imágenes en memoria local y la cantidad de recursos de computación utilizados para renderizar las imágenes. Adicionalmente, la síntesis multiresolución mejora la visualización minimizando el salto de resolución percibido al pasar de imágenes con textura de resolución gruesa a imágenes con textura de resolución fina, cuando un observador se desplaza hacia una parte del campo de visión o la amplía.

Las figuras 8a, 8b, 8c y 8d muestran imágenes multirresolución mezcladas utilizando vistas de textura aérea de imágenes en escala de grises, de un área costera, a diversas resoluciones espaciales. La figura 8a muestra una mezcla de texturas de una imagen de resolución gruesa identificada con una marca de dos dígitos ('01) y una imagen de resolución más fina identificada con una marca de cuatro dígitos ('0131). Tal como se muestra, la identificación para la imagen de resolución más fina ('0131) se muestra mucho más reducida que la correspondiente identificación ('01) para la imagen más gruesa, lo que indica que la imagen de resolución más fina pertenece a un área menor que la imagen más gruesa y ocupa solamente una fracción del área de la imagen más gruesa.

Cuando el observador amplía la imagen (ver la figura 8b) y observa un área menor del litoral, la imagen más gruesa se desvanece gradualmente y la imagen de nivel superior cubre por completo el campo de visión con la marca '0131 más grande y claramente enfocada. Cuando ampliamos más, tal como se muestra en la figura 8c, la marca '0131 se desvanece gradualmente, mientras que las marcas para el siguiente nivel de resolución superior ('013131) se muestran emergiendo gradualmente junto con características detalladas del área, tales como carreteras 601a, 601b. La figura 8d muestra la textura de máxima resolución (detalle más fino), en la que la marca '013131 domina el campo de visión. De este modo, las imágenes de resolución superior se traen gradualmente al primer plano mientras que las imágenes más gruesas se desvanecen, consiguiéndose una transición suave que parece realista.

La figura 9 es un diagrama de flujo de una realización del método de síntesis de imágenes multirresolución llevado a cabo mediante el sistema de navegación de la presente invención. En primer lugar, el sistema determina parámetros 701 de visión del observador que incluyen el emplazamiento del observador, la dirección de la mirada, y posiblemente otras restricciones computacionales que afectan a la representación resultante, utilizando los módulos de control del punto de visión y de cálculo del emplazamiento que se han descrito anteriormente. A continuación, se determina 702 el cono truncado de visión que corresponde al campo de visión del observador, a partir de la orientación y del emplazamiento del observador, que definen conjuntamente el espacio que puede ver el observador. Tal como se ha descrito anteriormente, en función del cono truncado de visión, el gestor de grafos de escena identifica qué baldosas de imagen son visibles 703, genera un grafo de escena y desecha las baldosas exteriores al cono truncado de visión.

Debido a la naturaleza jerárquica del conjunto de datos en el que está almacenada cada baldosa, las baldosas visibles en el interior del cono truncado de visión o de la zona geográfica (caja límite bidimensional) pueden contener múltiples versiones de imágenes a resoluciones diferentes, desde un nivel grueso a un nivel fino. Precargando desde una base de datos de imágenes el grupo de baldosas asociadas con una caja límite, el gestor de grafos de escena mantiene a mano las imágenes a las diversas resoluciones diferentes, con propósitos de mezclado. Mantener a mano en la memoria local este grupo limitado de imágenes para su acceso inmediato, no abusa de los recursos de memoria local, debido a que el conjunto mayor de imágenes almacenadas que no están asociadas con la caja límite, no es descargado y no consume memoria ni recursos computacionales.

A continuación se determina 704 un factor de mezclado aplicando una función de transferencia en base al nivel de resolución y a la distancia a cada baldosa de la imagen, que determinan la contribución, de cada baldosa de imagen en la caja límite, a una imagen mezclada resultante. Sigue un ejemplo ilustrativo de la determinación del factor de mezclado para cada nivel de resolución. Una estructura jerárquica de datos de objetos para puntos geográficos de interés contiene tres niveles de resolución de textura para un objeto concreto (o un área geográfica concreta), donde el nivel 0 representa el nivel más grueso, el nivel 1 representa un nivel de resolución intermedia y el nivel 2 representa el nivel de máxima resolución.

En la figura 10 se muestra un grafo del factor de mezclado utilizado para cada uno de los tres niveles de resolución, en función de la distancia. A gran distancia del objeto observado (z_0), el factor de mezclado para el nivel de resolución 0 está en un máximo mientras que los factores de mezclado para los niveles 1 y 2 son cero, lo que indica que se utiliza solamente la textura de nivel 0 para renderizar la imagen observada. Cuando el observador se aproxima al objeto/área desde la distancia z_0 hasta distancia z_1 , el factor de mezclado para el nivel de resolución 0 se reduce y el factor de mezclado para el nivel de resolución 1 se incrementa gradualmente, y es mezclado en la imagen observada. Cuando el observador se desplaza hacia una distancia z_2 incluso más próxima, el factor de mezclado para el nivel de resolución 2 se incrementa gradualmente hacia el nivel máximo, el factor de mezclado para el nivel de resolución 1 se reduce gradualmente después de haber alcanzado un nivel máximo en alguna distancia entre z_1 y z_2 , y el factor de mezclado para el nivel de resolución 0 se reduce a cero. Tal como se muestra, los cambios graduales en los respectivos factores de mezclado para los tres niveles de resolución diferentes proporcionan un continuo de resoluciones a todas las distancias a través de todos los niveles de resolución.

Para renderizar las texturas y las imágenes utilizando el factor de mezclado para cada nivel, cada área geográfica es renderizada en múltiples pases, una para cada nivel de resolución con su factor de mezclado respectivo. El mezclado resultante es calculado 705 en cada emplazamiento (i) como la suma $p(i)$ de los píxeles $p(i, x)$ para el emplazamiento (i) al nivel de resolución (x) multiplicado por el factor de mezclado $b(x)$ para el nivel de resolución. Para n niveles de resolución, el cálculo es el siguiente:

$$p(i) = b(0)*p(i,0) + b(1)*p(i,1) + \dots + b(n)*p(i,n)$$

5 La generación de imágenes multiresolución mezcladas proporciona la simulación tridimensional con texturas realistas obtenidas de fotografías, mapas de carretera e imágenes por satélite, y no depende de las aproximaciones poligonales artificiales que presentan los sistemas de navegación visual convencionales. Además, la renderización con múltiples pases minimiza los efectos visuales perturbativos provocados por la aparición repentina de grados de detalle superiores cuando se pasa del nivel grueso al nivel fino. Además, este método puede llevarse a cabo eficientemente en relación con el formato jerárquico para almacenar imágenes de texturas descrito anteriormente. En particular, es posible proporcionar una síntesis dinámica de los detalles de imágenes sin sobrecargar los recursos computacionales, dividiendo en baldosas las imágenes originales de satélite/mapa de carretera y a 10 continuación cargándolas a petición, en función de si las baldosas de textura serían visibles para el usuario en el cono truncado de visión.

En la discusión anterior, el método y el sistema de la presente invención han sido descritos haciendo referencia a una serie de ejemplos que no deben considerarse como limitativos. Por el contrario, debe entenderse y se prevé que un experto en la materia puede realizar variaciones en los principios del método y el aparato dados a conocer en el 15 presente documento, y se prevé que dichas modificaciones, cambios y/o sustituciones deben incluirse dentro del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para proporcionar navegación visual tridimensional para una unidad móvil (200), comprendiendo el sistema:
- 5 una unidad (35) de cálculo del emplazamiento, para calcular una posición instantánea de la unidad móvil (200);
- una unidad (45) de control del punto de visión para determinar un cono truncado de visión (15, 16) en base a la posición de la unidad móvil (200);
- 10 un gestor (55) de grafos de escena, en comunicación por lo menos con una base de geo-datos (61, 62), obteniendo el gestor (55) de grafos de escena datos de objetos geográficos asociados con el cono truncado de visión (15, 16) a partir de, por lo menos, dicha base de geo-datos (61, 62), y generando un grafo de escena que organiza los datos de objetos geográficos obtenidos; y
- un dispositivo de renderización de grafos de escena para renderizar gráficamente el grafo de escena como una representación tridimensional en tiempo real, en el que la unidad (35) de cálculo del emplazamiento calcula además una orientación instantánea de la unidad móvil (200),
- 15 **caracterizado por** un módulo (52) de cálculo de ruta que incluye información asociada con una ruta seleccionada, el módulo (52) de cálculo de ruta proporcionando información de ruta a la unidad (45) de control del punto de visión, de tal manera que la unidad (45) de control del punto de visión puede, en un modo de funcionamiento de previsualización, modificar el cono truncado de visión (15, 16) en base a la información de ruta.
2. El sistema acorde con la reivindicación 1, que comprende además:
- 20 un detector (40) de la posición; y
- un detector de la orientación;
- en el que la unidad (35) de cálculo del emplazamiento calcula la posición y la orientación de la unidad móvil (200) en base a las señales generadas en el detector (40) de la posición y el detector de la orientación.
3. El sistema acorde con la reivindicación 2, en el que el detector (40) de la posición incluye un receptor GPS.
- 25 4. El sistema acorde con la reivindicación 3, en el que el detector (40) de la posición incluye un dispositivo de detector inercial.
5. El sistema acorde con la reivindicación 1, que comprende además:
- 30 un módulo (50) de entrada de usuario, proporcionando el módulo (50) de entrada de usuario selecciones de usuario a la unidad (45) de control del punto de visión, para modificar el funcionamiento de la unidad (45) de control del punto de visión.
6. El sistema acorde con la reivindicación 5, en el que la unidad (45) de control del punto de visión determina el cono truncado de visión (15, 16) de acuerdo con uno de los siguientes modos de visión seleccionables:
- (a) una vista de helicóptero;
- (b) el emplazamiento del punto de visión coincide con la posición de la unidad móvil (200); y
- 35 (c) la orientación y el emplazamiento del punto de visión coinciden con la posición y la orientación de la unidad móvil (200).
7. El sistema acorde con la reivindicación 1, en el que el grafo de escena incluye, por lo menos, uno entre mapas de carretera digitales, imágenes por satélite y modelos digitales de elevación.
- 40 8. El sistema acorde con la reivindicación 7, en el que el grafo de escena incluye imágenes por satélite de varias resoluciones.

9. El sistema acorde con la reivindicación 1, en el que el gestor (55) de grafos de escena utiliza un método jerárquico para la carga a petición de datos de objetos geográficos, utilizando el modelo jerárquico estructuras de datos definidas, para acceder eficientemente a los datos de objetos geográficos pertinentes para el cono truncado de visión (15, 16) determinado.
- 5 10. El sistema acorde con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende,
por lo menos una base de geo-datos (61, 62).
11. El sistema acorde con la reivindicación 10, que comprende:
- 10 por lo menos una base de geo-datos (61, 62) especializada, almacenando dicha, por lo menos, una base de geo-datos (61, 62) especializada datos de objetos geográficos para permitir la navegación visual en tiempo real de una zona geográfica;
- un módulo de comunicación, comunicando el módulo de transmisión con la unidad móvil (200) y proporcionando acceso a los datos almacenados dentro de dicha, por lo menos, una base de geo-datos (61, 62).
12. El sistema acorde con la reivindicación 11, en el que dicha, por lo menos, una base de geo-datos (61, 62) especializada almacena, por lo menos, uno entre imágenes por satélite, texturas de edificios, modelos de elevación digital y bases de datos de mapas de carretera.
- 15 13. El sistema acorde con la reivindicación 10, en el que el gestor (55) de grafos de escena utiliza un método jerárquico para la carga a petición de datos de objetos geográficos desde dicha, por lo menos, una base de geo-datos (61, 62), utilizando el método jerárquico estructuras de datos definidas, para acceder eficientemente a los datos de objetos geográficos pertinentes para el cono truncado de visión (15, 16) determinado.
- 20 14. El sistema acorde con la reivindicación 10, que comprende además:
un módulo (52) de cálculo de ruta que incluye información asociada con una ruta seleccionada, el módulo (52) de cálculo de ruta proporcionando información de ruta a la unidad (45) de control del punto de visión, de tal manera que la unidad (45) de control del punto de visión puede, en un modo de funcionamiento de previsualización, modificar el cono truncado de visión (15, 16) en base a la información de ruta.
- 25 15. Un método de navegación visual tridimensional en una unidad móvil (200), con las etapas de:
calcular una posición instantánea de la unidad móvil (200);
determinar un cono truncado de visión (15, 16) en base a la posición de la unidad móvil (200);
obtener datos de objetos geográficos asociados con el cono truncado de visión (15, 16) desde, por lo menos, una base de geo-datos (61, 62), **caracterizado por**
30 generar un grafo de escena que organiza los datos de objetos geográficos obtenidos; y
renderizar gráficamente el grafo de escena como una representación tridimensional en tiempo real, seleccionando una ruta de viaje; y
35 modificar el cono truncado de visión (15, 16) utilizando información de ruta correspondiente a la ruta de viaje.
16. El método acorde con la reivindicación 15, que comprende además:
modificar el cono truncado de visión (15, 16) en base a entradas de usuario.
17. El método acorde con la reivindicación 15, que comprende además:
40 definir estructuras de datos para acceder eficientemente a los datos de objetos geográficos pertinentes para el cono truncado de visión (15, 16) determinado.

18. El método acorde con la reivindicación 15, en el que el grafo de escena incluye, por lo menos, uno entre mapas de carretera digitales, imágenes por satélite y modelos digitales de elevación.

FIG. 1a

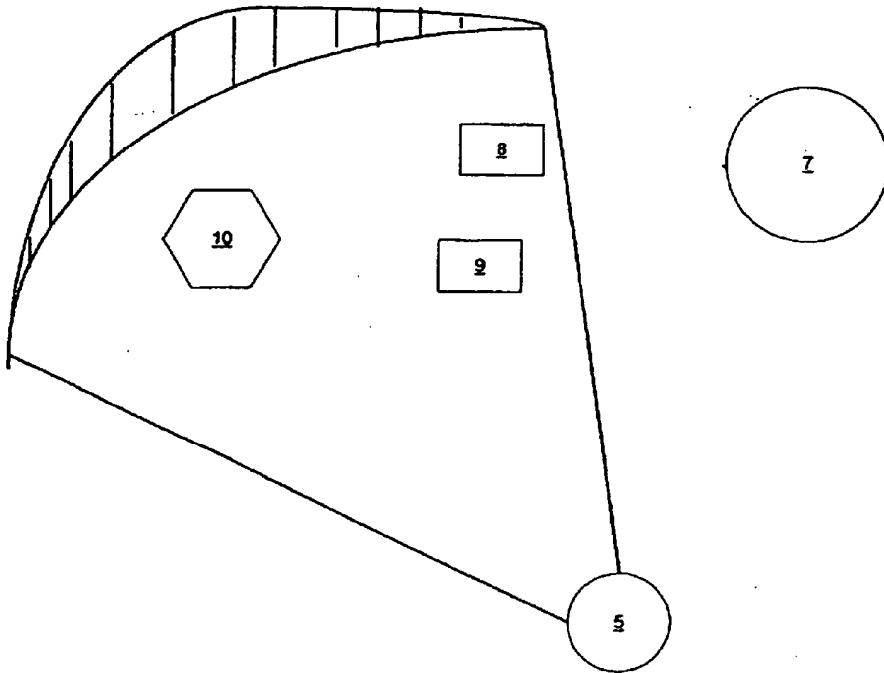
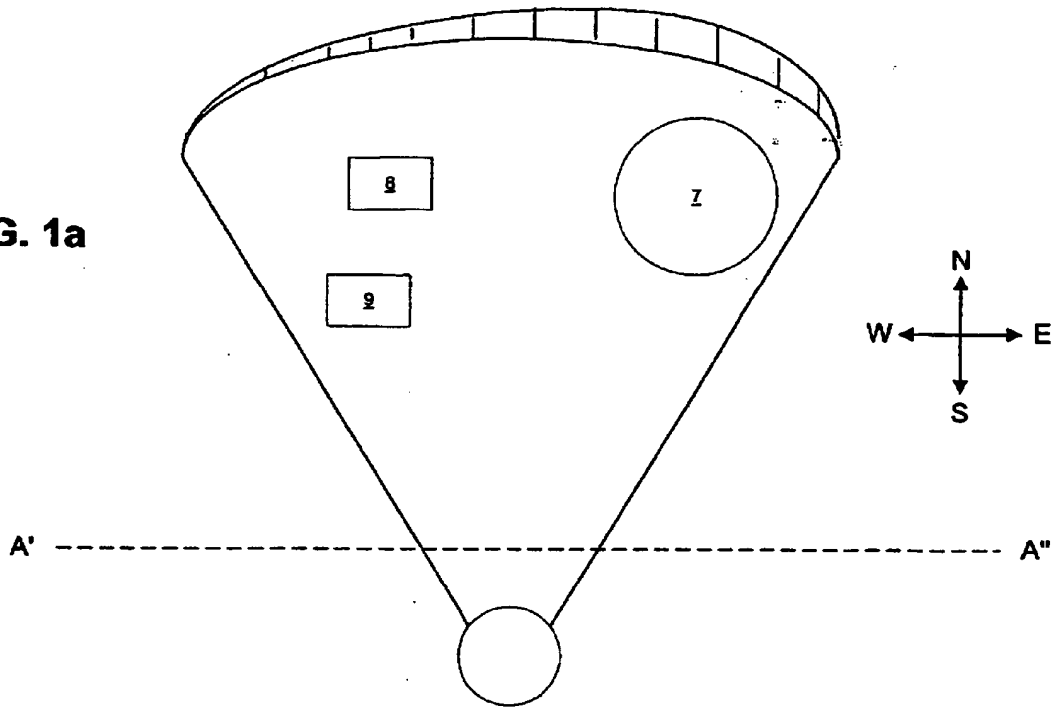


FIG. 1b

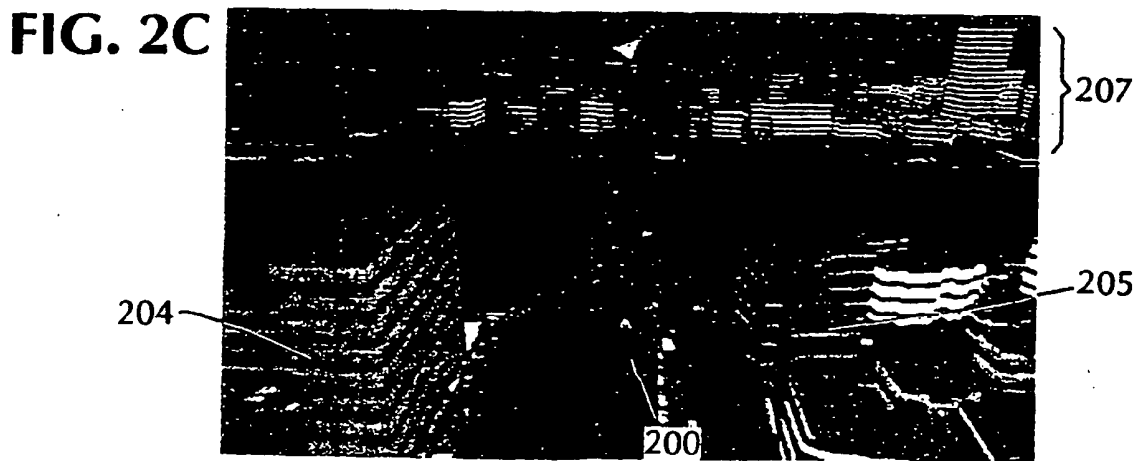
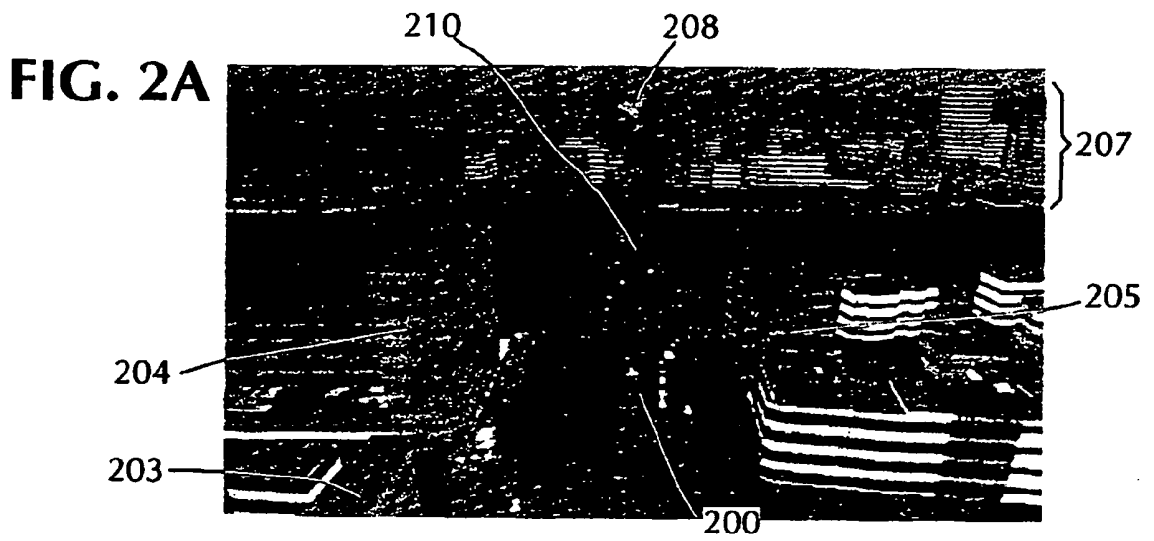
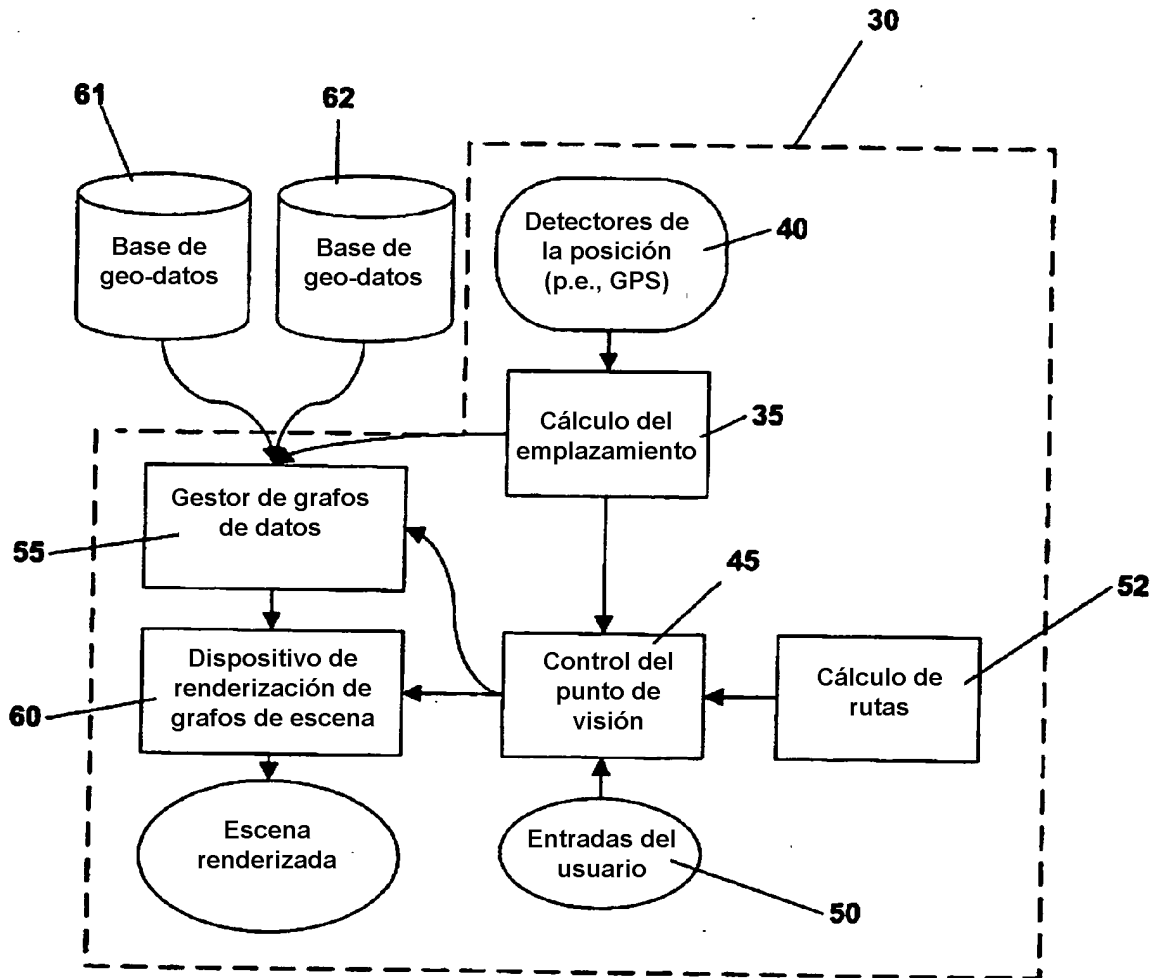


FIG. 3



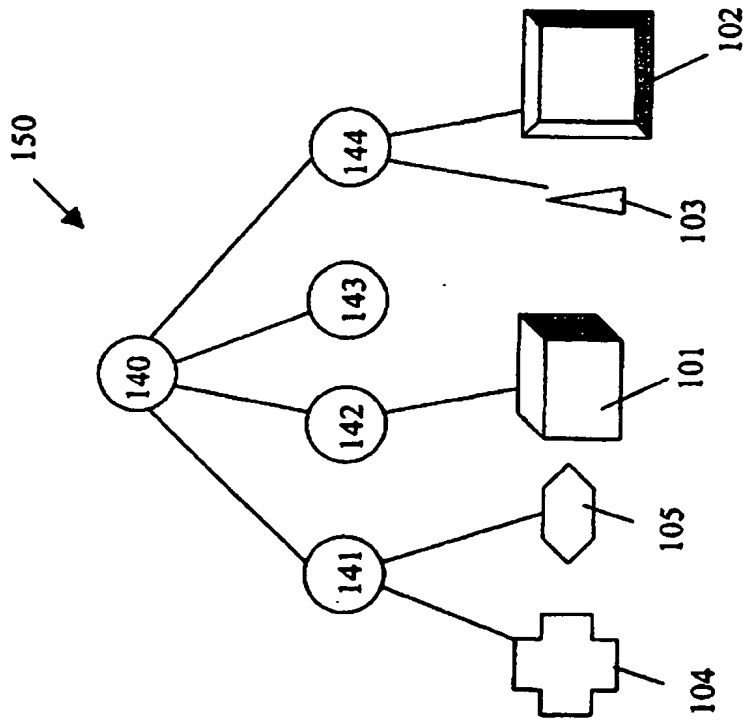


FIG. 4b

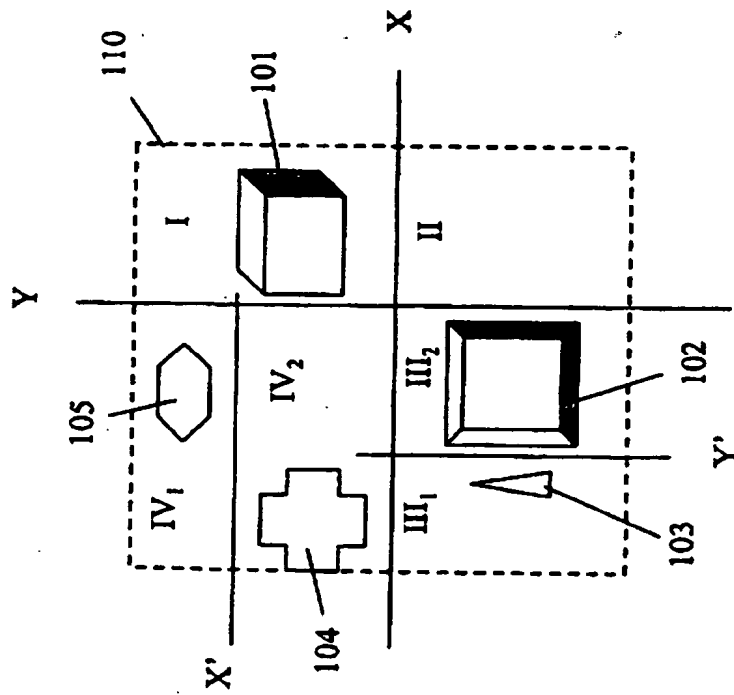


FIG. 4a

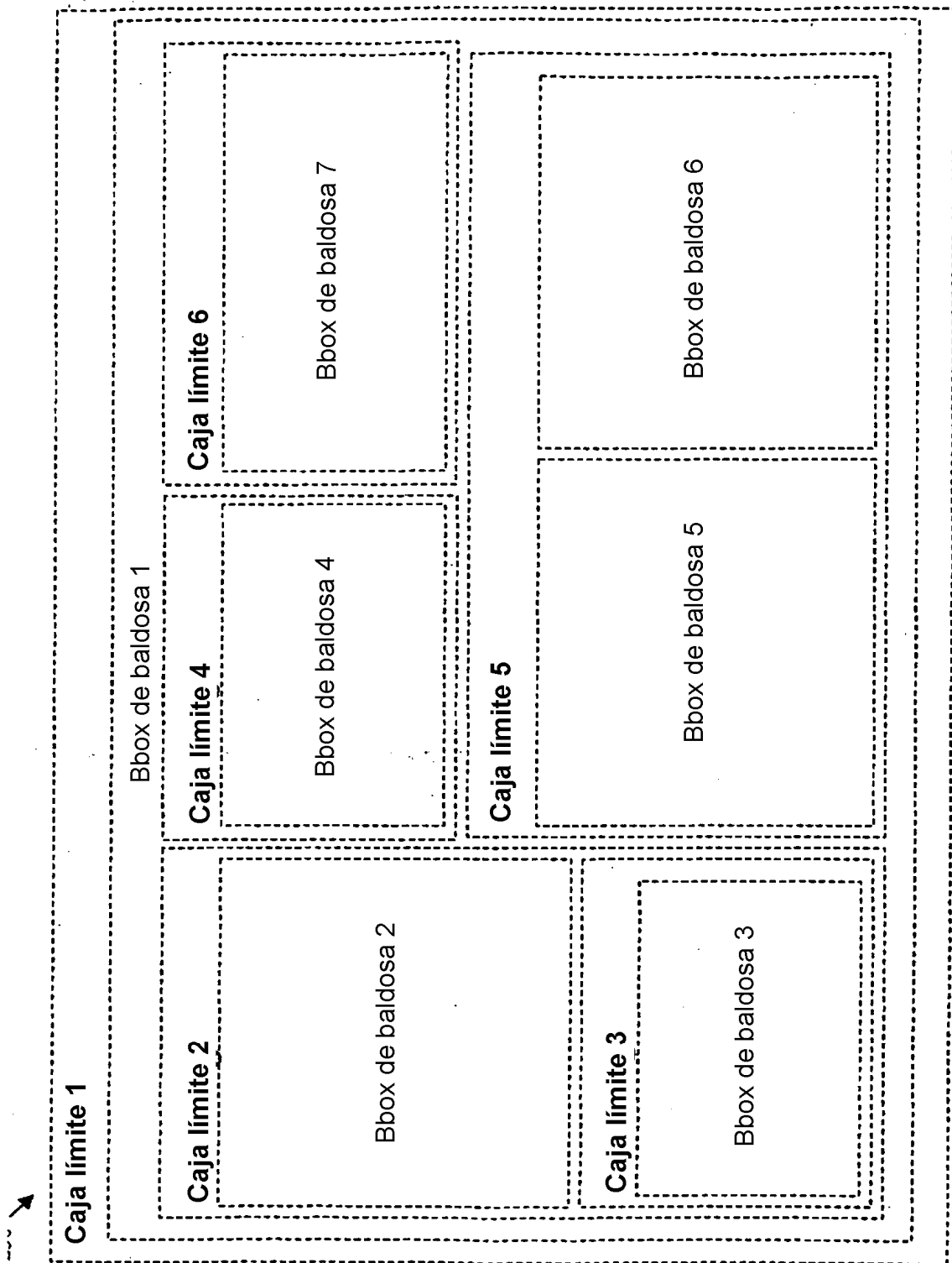


FIG. 5a

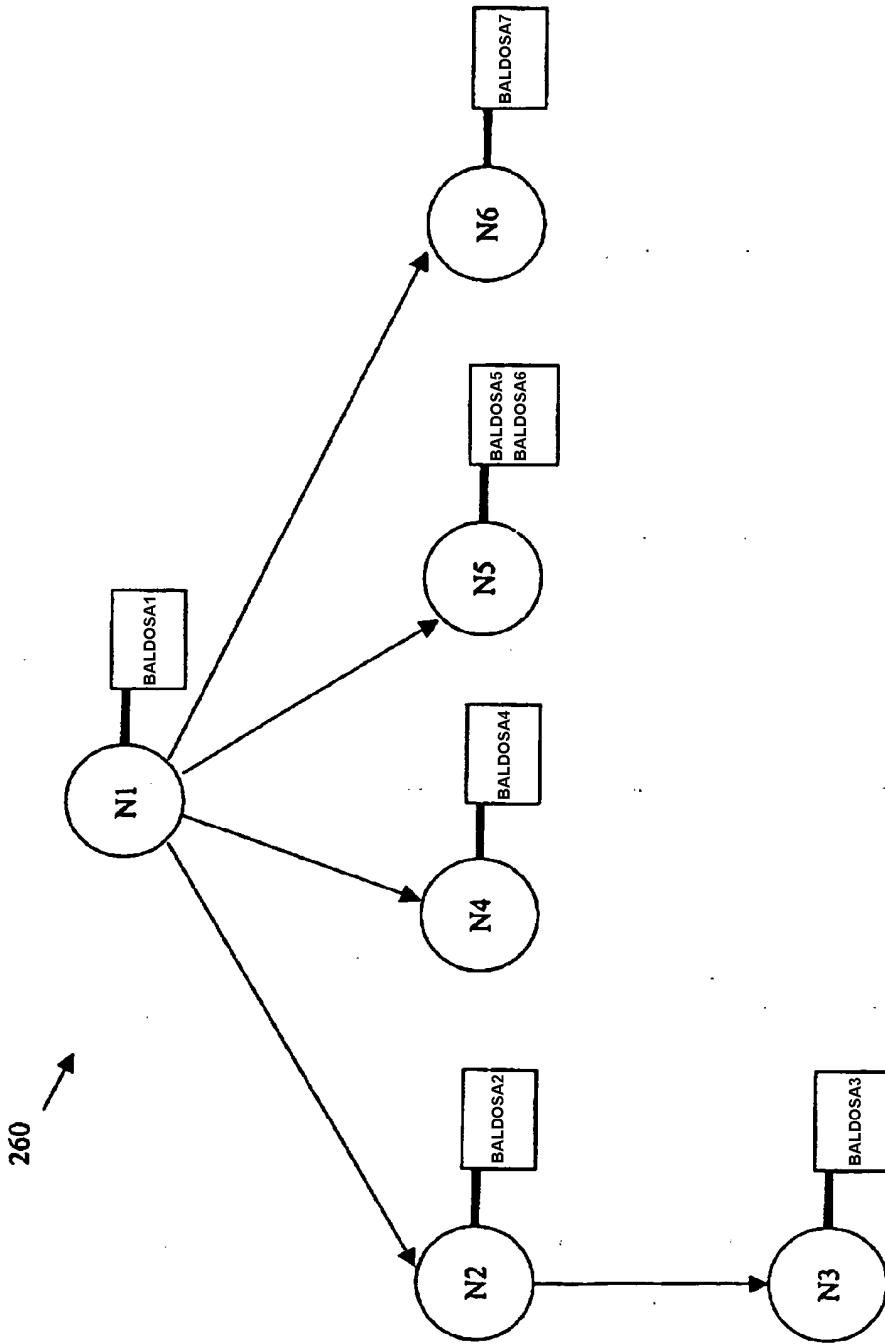


FIG. 5b

300 →

301	302	303	304
Cadena URL	Dimensión	Caja límite	#Baldosas, p.e. 9
IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite
IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite
IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite	IDBaldosa Caja límite
#Hijos	Baldosas	Nhijos	
Caja límite	Baldosas	Nhijos	
Caja límite	Baldosas	Nhijos	
Caja límite	Baldosas	Nhijos	

← 305

← 306

FIG. 6a

350



/bosch/resources/tiles		2	Caja límite 1	#Baldosas = 1
IDBaldosa 1 BBox baldosa 1	#Hijos = 4		Caja límite 2	#Baldosas = 1
IDBaldosa 2 BBox baldosa 2	#Hijos = 1		Caja límite 3	#Baldosas = 1
IDBaldosa 3 BBox baldosa 3	#Hijos = 0		Caja límite 4	#Baldosas = 1
IDBaldosa 4 BBox baldosa 4	#Hijos = 0		Caja límite 5	#Baldosas = 2
IDBaldosa 5 BBox baldosa 5	IDBaldosa 6 BBox baldosa 6		#Hijos = 0	
Caja límite 6	#Baldosas = 1	IDBaldosa 7 BBox baldosa 7	#Hijos = 0	

FIG. 6b

450 →

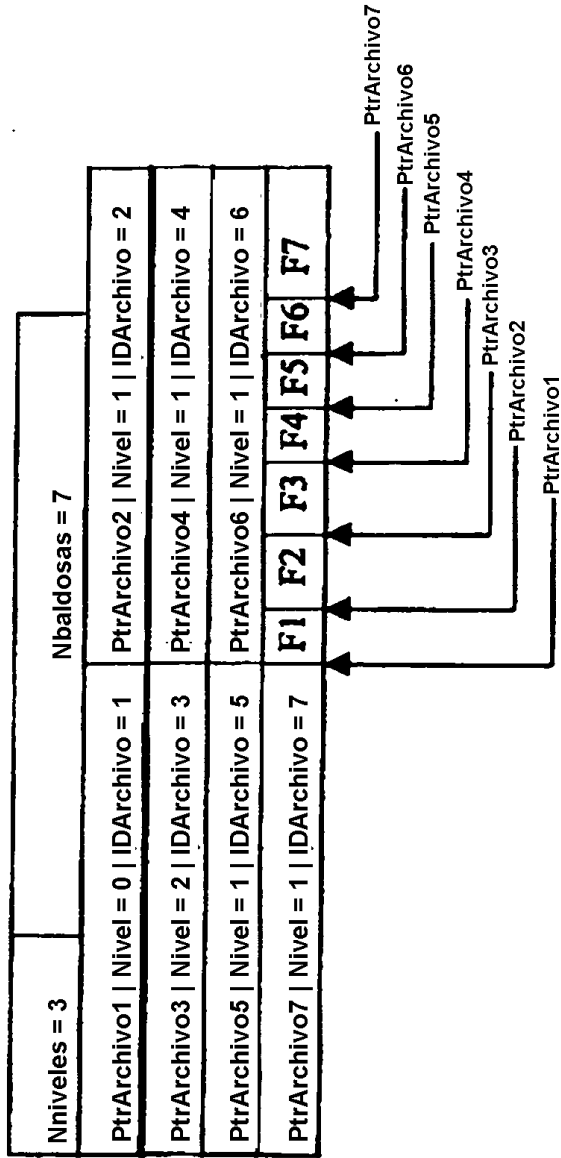


FIG. 7b

FIG. 8A

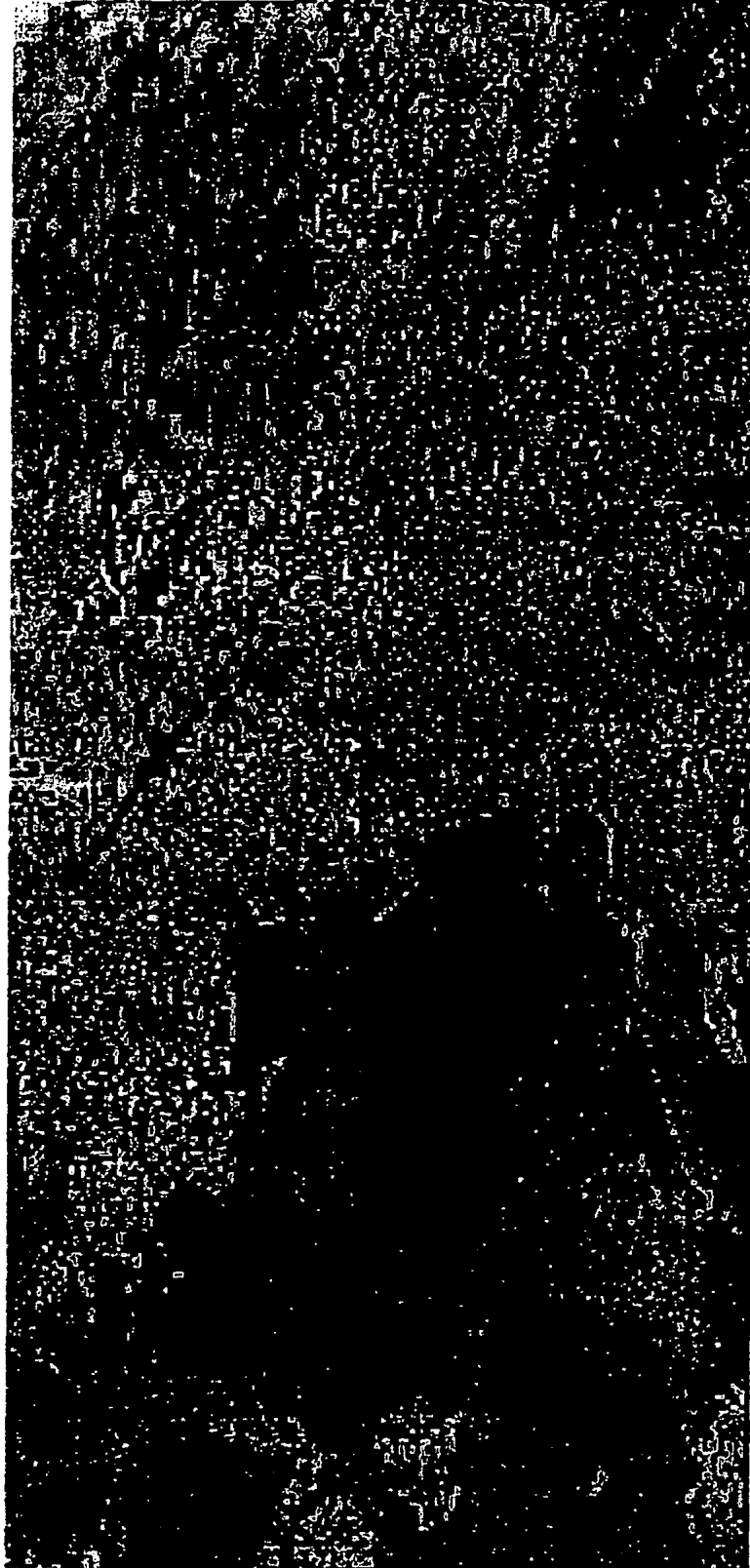


FIG. 8B



FIG. 8C

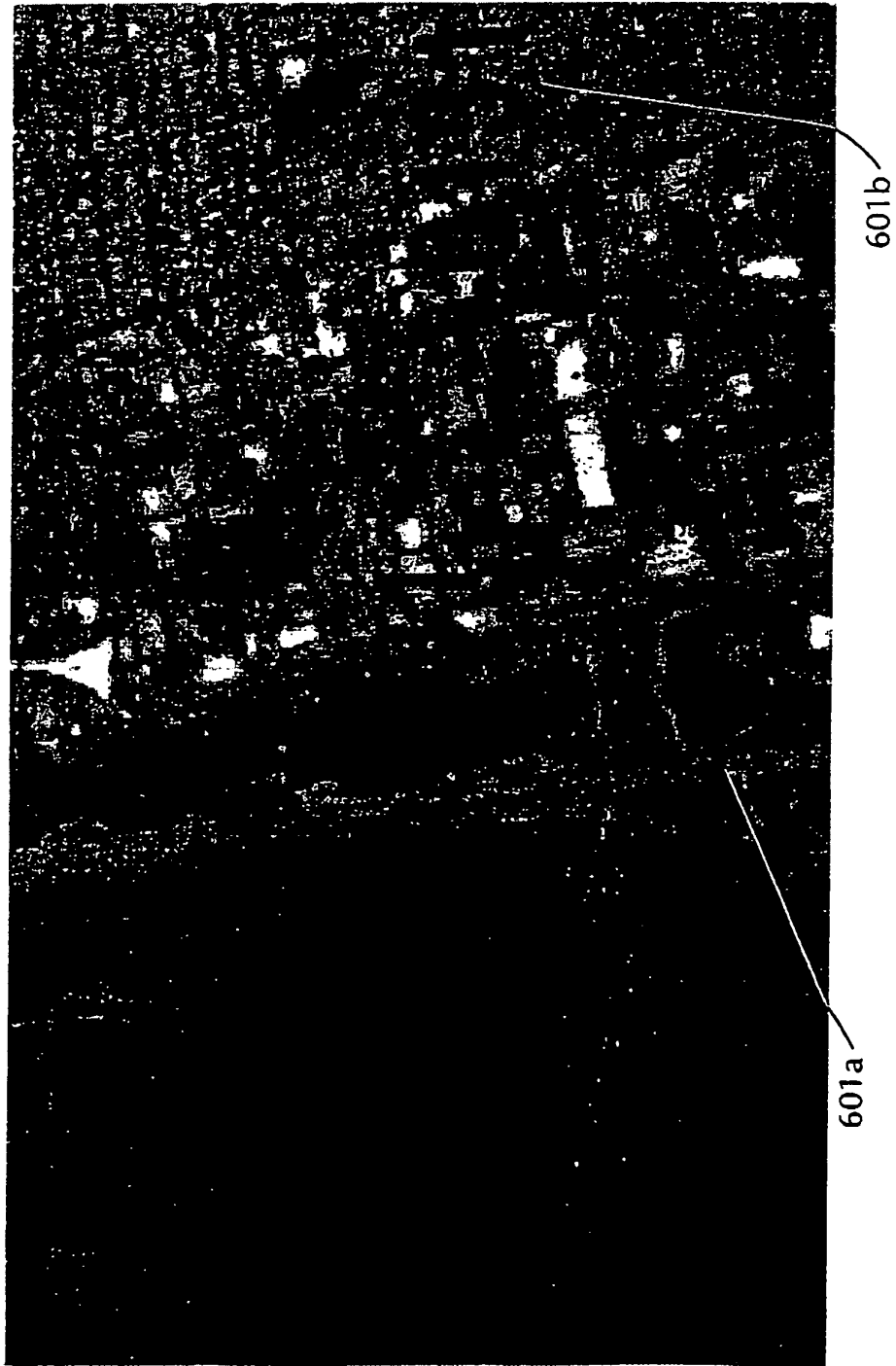


FIG. 8D

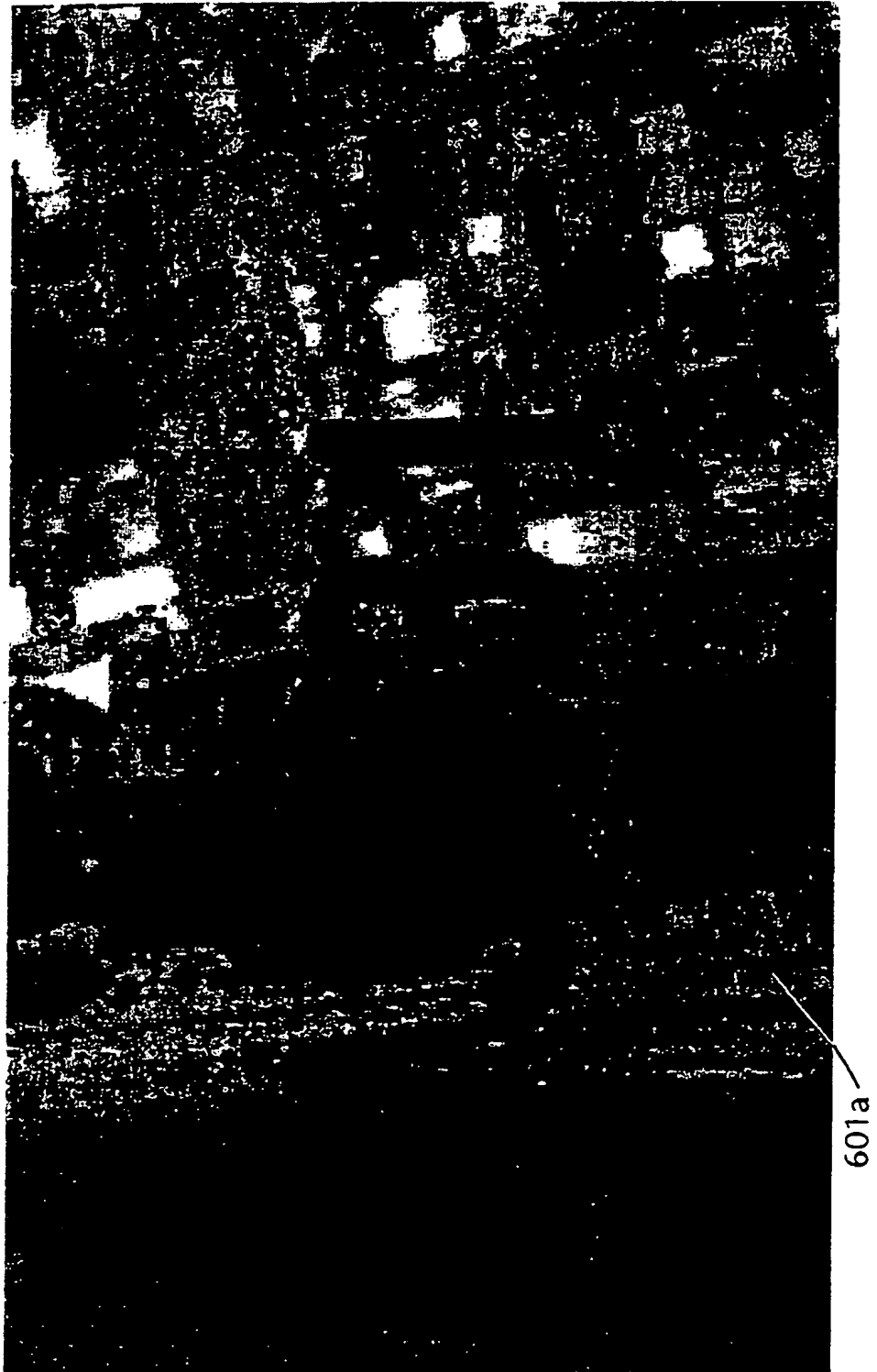


FIG. 9

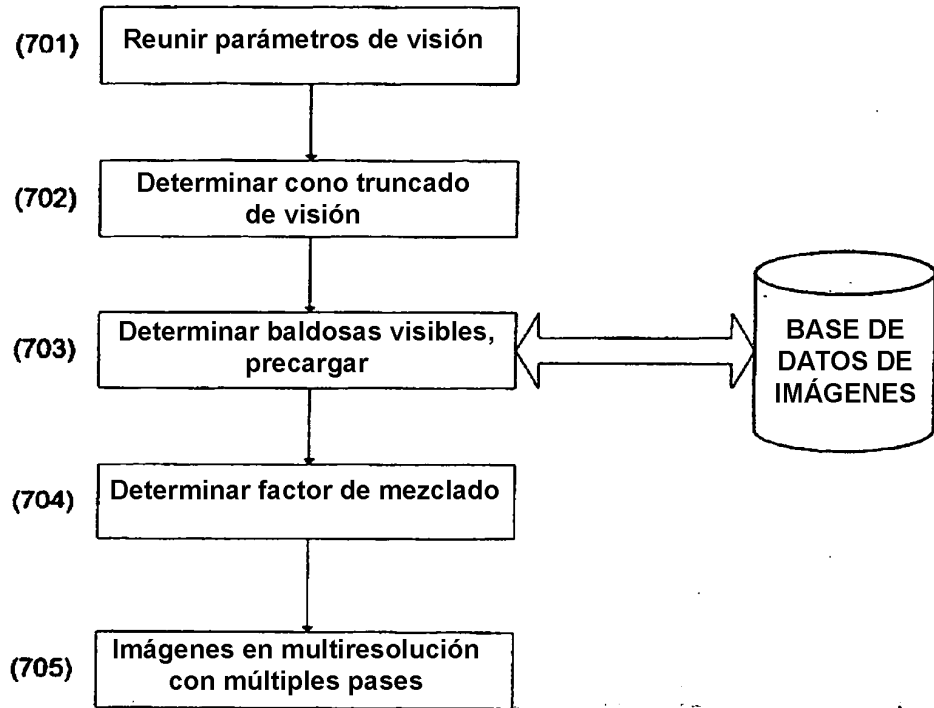


FIG. 10

